



Universitat de Lleida  
Escola Politècnica Superior

**Master thesis**

# **Test bench design for smart cooling device and implementation in LabVIEW**

Lleida, 10 July 2017

Gerard Laguna Benet

Director: Jérôme Barrau

## Index

1.- Introduction.....	5
2.- STREAMS Project description .....	6
3.- Project SCOPE .....	7
4.- Test bench description .....	8
4.1. - Data acquisition .....	9
4.2. - Thermostatic bath .....	9
4.3. - Pumps .....	10
4.4. - Flowmeter .....	10
4.5. - Filter .....	10
4.6. - Power sources .....	11
4.7. - Differential pressure transducer .....	11
4.8 - Infrared Camera .....	12
5.- Design of test bench structure and distribution .....	12
6.- LabVIEW programming .....	15
6.1. – Inputs and outputs.....	15
6.2. - Interface .....	15
6.3. – Global programming structure .....	16
6.4. – Devices communication.....	17
6.5. - Functions .....	20
6.5.1 - Power source output .....	20
6.5.2. - Energy balance .....	21
7.1.- Errors .....	23
7.1. – Error in energy balance calculation .....	23
6.2. - Error in $P_{\text{pump}}/P_{\text{diss}}$ calculation .....	23
8.- Conclusion .....	24
9.- Acknowledgements .....	24
10.- References .....	24

11.- Annexes ..... 25

*Annex I: Data acquisition Datasheet*

*Annex II: Thermostatic bath datasheet*

*Annex III: Pump NF25 datasheet*

*Annex IV: Pump NF60 datasheet*

*Annex V: Flowmeter datasheet*

*Annex VI: Power source datasheet*

*Annex VII: Differential pressure transducer datasheet*

*Annex VIII: IR camera datasheet*

*Annex IX: LabVIEW inputs and outputs*

## Nomenclature

$C_p$  Heat capacity

$T_{av}$  Average liquid temperature in the cooling device

$Q$  Liquid flow through the device

$m$  Liquid weight

$\Delta T$  Increase of temperature in the cooling device

$E_{abs}$  Energy absorbed by the fluid

$E_{resist}$  Energy consumed by the resistances

$P$  Resistances power

$\varepsilon_T$  Thermocouples error

$\varepsilon_{T_{av}}$  Error in the average temperature

$\varepsilon_{\Delta T}$  Error in the increase of temperature in the cooling device

$\varepsilon_{C_p}$  Error in the  $C_p$  calculation

$\varepsilon_{flow}$  Error from the flowmeter

$\varepsilon_m$  Error in the liquid weight

$\varepsilon_{E_{abs}}$  Error in the calculation of energy absorbed by the fluid

$\varepsilon_{PS}$  Error from the controlled power sources

$\varepsilon_{E_{resist}}$  Error in the resistances energy consumption calculation

$N$  Number of iterations that take into account the energy balance calculation

$\varepsilon_{balance}$  Error in the balance calculation

## 1.- Introduction

Electronic cooling has been focused until now in System On a Chip and System in Package continuous cooling by active or passive air cooling systems. However, the increment of structure density in integrated circuit, that implies an increase of power density, makes liquid cooling technologies an advantage.

One of the most extended liquid cooling technology is the microchannel cooler, but it presents some drawbacks. In microelectronics, head loads are not constant or uniform, they have background and hotspots areas. In these conditions microchannels are not able to provide a uniform temperature. Consequently, there is thermal stress in the chip surface that implies a lack of reliability in the whole device. In addition, the long flow path length of microchannels generates high pressure drops, and, as a consequence, a high hydraulic power requirement.

This master project is involved in the European project STREAMS (Smart Technologies for eneRgy Efficient Active cooling in Advanced Microelectronic Systems).

The aim of the STREAMS Horizon 2020 project is to develop a generic thermal management solution based on micro and nanotechnologies, adaptable to a large share of ICT applications and ensuring reliable and high-performance systems.

The STREAMS project proposes a generic smart, adaptable, and embedded active cooling thermal management solution, targeting a 50% decrease in power consumption and a 70% decrease in footprint, while keeping the actual high efficiency of liquid cooling cold plate solutions.

In this project is designed a test bench to accomplish the prove of concept of the STREAMS project. The firsts tests will be performed with a commercial liquid CPU cooler to verify all the system and protect the project prototype from security failures.

This test bench must be able to provide enough flow to set the maximum chip temperature below 85 °C with a constant inlet temperature. It has to be controlled by an application that enables the user to supervise and control the tests while being able to save all the data to analyse it. Also, the software needs to be able to assess an energy balance during the experiment and incorporate some security elements to protect the tested prototypes. In addition, it has to be able to reproduce and measure the external conditions getting information about the device response and calculate commune use parameters as P<sub>pump</sub>/P<sub>diss</sub> in order to make a comparison between cooling technologies.

Sharma et al. [1,2] and Collin et al. [3] designed test benches for liquid-cooled electronic chips that were taken as a base for the design of this test bench. Although this test bench is designed to cover the specific needs of this project.

The objective of this project is to design a test bench able to monitor the dynamic behavior of a microelectronic device, when submitted to time dependent and non-uniform head load scenarios in microscale. The construction of this test bench is a challenging task due to the innovation in this project. The data acquisition system and the data management system are made with LabVIEW software.

## 2.- STREAMS Project description

The STREAMS project objective is to cool the future high power density in microelectronics. As they still do not exist, the microelectronics will be simulated by heaters. These heaters will be submitted to different power densities and configurations to reproduce the microelectronics heat flux generation. Different power densities distributions are needed to simulate the non-uniform heat load. The representation of a thermal die with the heaters is shown in Figure 1.

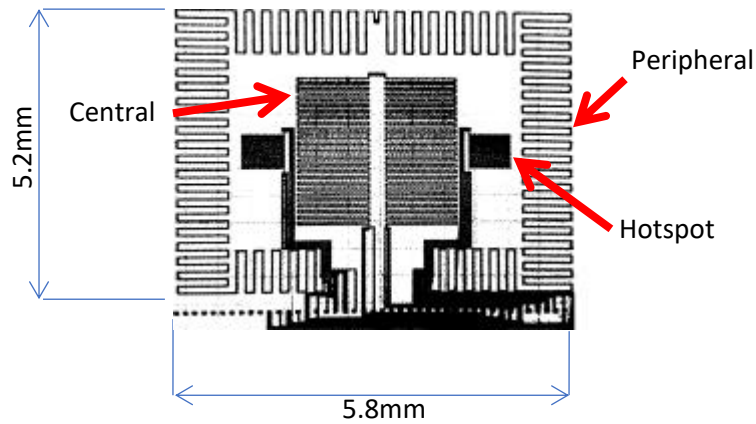


Figure 1. Thermal die with resistances

This heating system incorporates integrated temperature sensors to get a more accurate control of the device. There are 4 thermal dies with only 2 heaters each, which are represented in Figure 2. Also, there are only 4 temperature sensors in the whole device, named as 3.1, 3.2, 4.1 and 4.2 in Figure 2. As 3 of the 4 thermal dies are submitted to the same heat load scenario, the temperature is measured only in the third one.

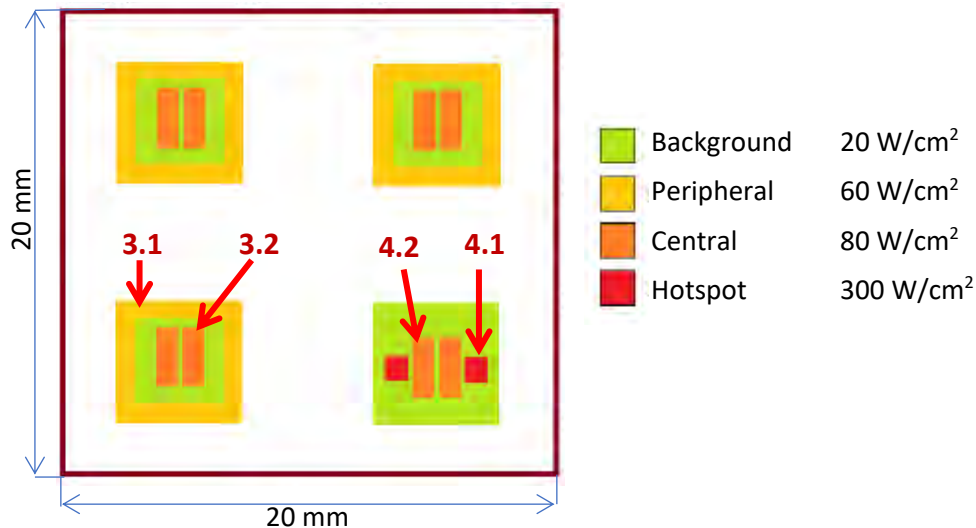


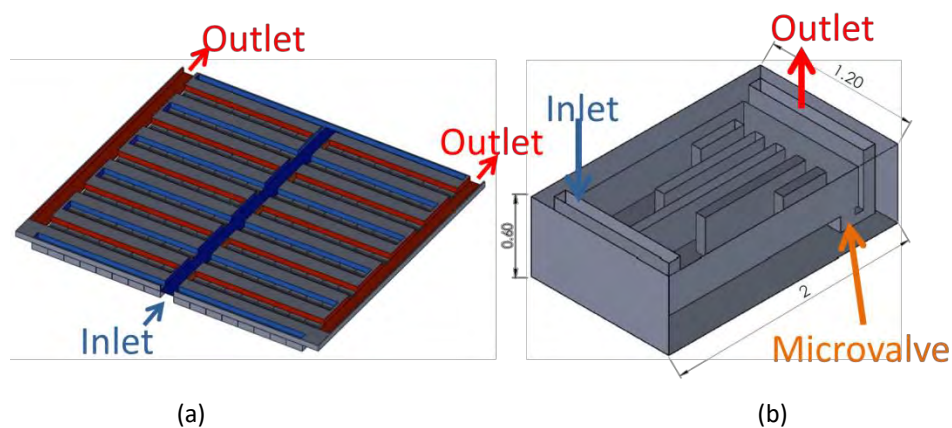
Figure 2. Heaters configuration

The 3.1 and 3.2 temperature measurements and power supplies correspond respectively to the peripheral and central heaters of the three equal thermal dies and the 4.1 and 4.2 corresponds respectively to the hotspot and central heater of the last thermal die.

The object of STREAMS project is to test a thermal solution with this thermal configuration. STREAMS project is working in a matrix of microfluidic cells (Figure 3 (a)) to be able to maintain the temperature within the operating range and guarantee optimum temperature uniformity. Maintaining temperature uniformity implies to avoid overcooling and this becomes to a more efficient cooling system.

The microfluidic cells (Figure 3 (b)) have been designed to solve some drawbacks from microchannels technology [2,3]:

- Local control: A microvalve is placed at the outlet path of the cell. Its opening depends on its own temperature. This enables to tailor the flow depending on the temperature in each microfluidic cell.
- Low pressure drop: The length of each cell is short. Therefore if high local coolant flow rate is needed near the hotspot zones, the corresponding pressure drop is not very significant.
- Versatile microfluidic actuation: with the self-adaptive actuator the system adapts itself to the heat load distributions and there is no need of a specific design for any application.



• Figure 3.(a) Coolant distribution on the cell matrix (b) MC6T cell

### 3.- Project SCOPE

The University of Lleida (UdL) is the leader of the Work Packages 2 and 7. WP2 is the part of the project that studies the versatile microfluidic actuation and the WP7 is the explanation and dissemination part.

As a specific task of WP2, the numerical models must be experimentally validated (WP2 Proof of Concept). The test bench developed for this task will also be used for the final PoC of the whole STREAMS project.

The objectives of this project are linked to the requirements for the test bench, and can be summarized as follows:

1. Control inlet temperature between 20 and 50 °C.
2. Control the distribution and time dependence of the heat flux by setting the power density distribution along the time.
3. Control the pumping power.
4. Develop an intuitive control interface.

5. Measure the flow between 10 and 100 L/h.
6. Compute an energy balance to validate the results.
7. Implement a security system to protect the prototype.
8. Save all the experimental data.

#### 4.- Test bench description

The test bench is composed by:

- Thermostatic bath
- Dumper
- Flowmeter
- Three controlled power sources
- Thermocouples
- Data acquisition
- Pumps
- Differential pressure transducer
- Filter
- Commercial liquid CPU cooling system
- Resistive temperature sensors (RTD)

These components are described more in depth in the sections of this chapter.

The coolant (water at this stage) flows through the experimental device by the mean of a variable flow pump, which is controlled and monitored by LabVIEW. A thermostatic bath, also controlled by LabVIEW, is used to control the inlet temperature, allowing to study the device behaviour with different inlet temperatures. Also, the hydraulic power (Pressure drop \* Flow rate) consumed by the prototype must be assessed. To implement this functionality, a differential pressure transducer and a flowmeter are installed along the coolant loop and monitored through the LabVIEW program. An Infra-Red camera is added to be able to see the response of the prototype due to the different head load scenarios. Finally, to ensure that the power from the device is extracted by the cooling system two thermocouples are required to be able to calculate the energy balance.

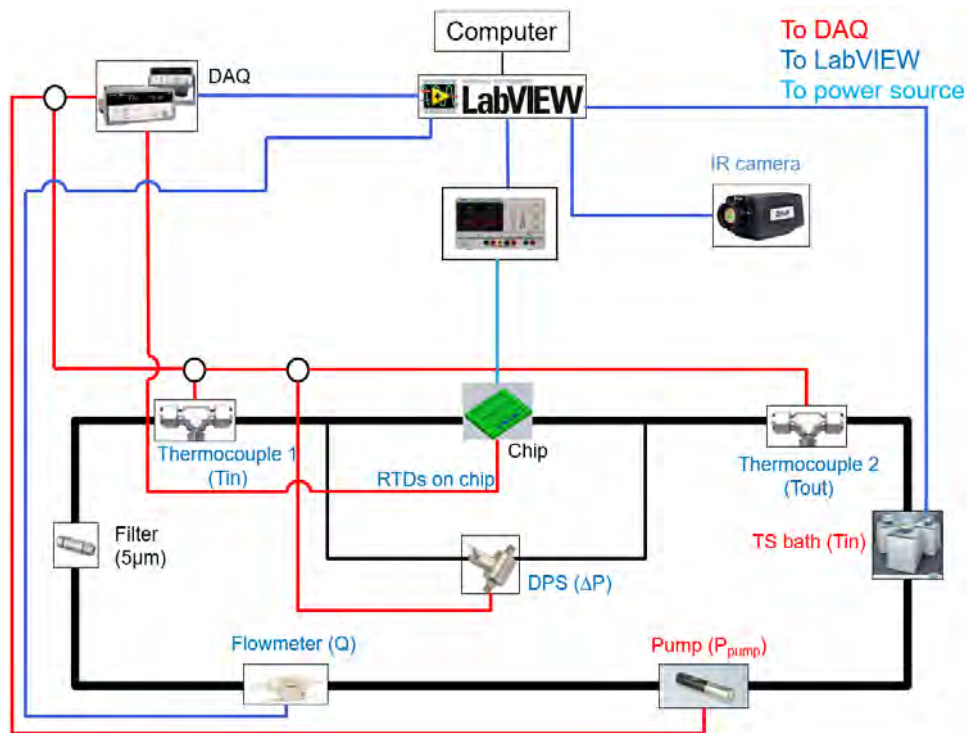


Figure 4. Test bench scheme



#### 4.1. - Data acquisition

A Data acquisition is required to be able to receive all the data from thermocouples, differential pressure transducer and the feedback from the pumps. The data acquisition selected for this test bench was Keysight 34972A (Annex I), as it can be controlled by LabVIEW with a precision of  $\pm 0.004\%$  of the measured value. This device was acquired with multiplexor modules 34901A and the 34907A.

The 34901A module has 20 input channels to read both the temperature from the thermocouples and the output voltage from the differential pressure transducer. The 34907A is a multifunction module which is chosen for the totalizer functionality to be able to read the feedback from the pumps.

The thermocouples placed on the device are used as a security element (objective 7) and the ones placed in the device inlet and outlet of are used to calculate the energy balance (objective 6). Thermocouples are type K with accuracy of  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$  from  $-40$  to  $375^{\circ}\text{C}$  or  $\pm 0.40\%$  of the measure from  $375$  to  $750^{\circ}\text{C}$ . In this project the highest temperature is expected to be lower than  $100^{\circ}\text{C}$  so in this condition the accuracy will be  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ .



Figure 5. Data acquisition Keysight 34972A with multiplexor modules 34901A and the 34907A

#### 4.2. - Thermostatic bath

A thermostatic bath is required to control the inlet temperature. The PolyScience PD07R-20-A12E thermostatic bath (Annex II) was selected because is compatible with LabVIEW and able to give uniform temperature in the range of  $-20$  to  $200^{\circ}\text{C}$  that englobes the project operating range  $20$  to  $50^{\circ}\text{C}$  (objective 1). This device provides a temperature stability of  $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$ .



Figure 6. Thermostatic bath PolyScience PD07R-20-A12E

#### 4.3. - Pumps

The pump is one of the most relevant aspects in the cooling system and its results have to be shared and compared with other partners from STREAMS project. The partner in charge of the pumping control, HSG (Hahn-Schickard-Gesellschaft Fuer Angewandte Forschung), chooses the pumps NF25KPDCB-4 (Annex III) and NF60KPDCB-4 (Annex IV). Both are membrane pumps, so the damper FPD06KPZ was also added in order to reduce the fluctuation of the flux.

These two micro pumps were chosen for their capacity to be regulated and for the flow rate range; up to 250 ml/min for the NF25 and up to 600 ml/min for the NF60.

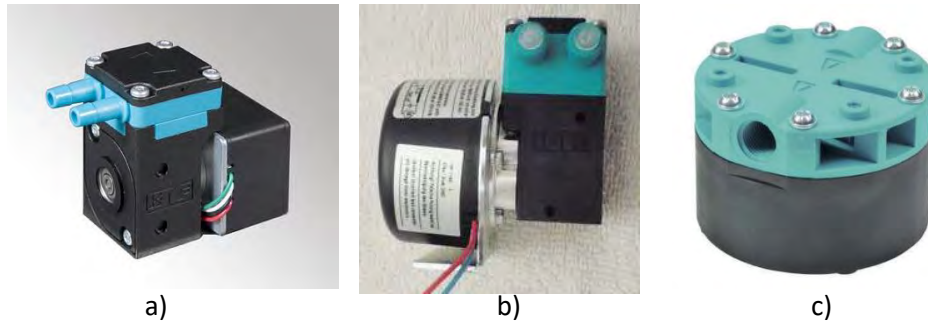


Figure 7. Pumps a) NF25KPDCB-4, b) NF60KPDCB-4 and the damper c) FPD06KPZ

#### 4.4. - Flowmeter

A flowmeter is required to know in each moment the water flow through the cooling device. For the estimated flow, below 80 ml/min (4.8 kg/h) and its compatibility with Labview, the flowmeter M15 from Bronkhorst CORI-TEACH (Annex V) is chosen. This flowmeter has three ranges of measure that the user can change; the small range 0.2 to 5 kg/h, the normal range 1 to 100 kg/h and the high range 3 to 300 kg/h. Following the specification in objective 5 is set the normal range as the operating range. The accuracy of this device is higher than  $\pm 1$  % of the measurement when it is higher than 10 kg/h in normal range mode.



Figure 8. Flowmeter Bronkhorst CORI-TEACH M15

#### 4.5. - Filter

The final cooling device will be a small and compact device with sections below  $0.1 \text{ mm}^2$ , for this reason, to protect the device from any residue in the circuit, a filter is needed. A 5 micron polypropylene filter is chosen for this task.



Figure 9. Polypropylene 5 microns filter

#### 4.6. - Power sources

To control the power given by the heaters that simulates the microchip it is needed a controlled power source. The requirements for each power source are two programmable channels controlled by LabVIEW that were able to give 75 W in each channel. A Metrix AX 1360-P (Annex VI) was chosen. The accuracy of the output voltage is  $\pm 0.5\%$  of the reading plus 2 digits. With this device it can be realized the control of the heat flux (objective 2) and the pump power control (objective 3)



Figure 10. Programmable power source Metrix AX 1360-P

#### 4.7. - Differential pressure transducer

A differential pressure transducer is required to know the hydraulic power consumption of the test device. Is selected a P-30-P Honeywell pressure sensor with a range from 0 to 5 psi (0 to 34473 Pa) (Annex VII). The precision of this device is  $\pm 2.00\%$  of the full scale (0.1 psi, 689.4 Pa).



Figure 11. Differential pressure transducer P-30-P Honeywell

#### 4.8 - Infrared Camera

Finally, as a security element (objective 7) and also to see what is happening inside the device, an IR camera is required. It was chosen the FLIR A655sc (Annex VIII) camera for the possibility of recording up to 200 Hz, the LabVIEW compatibility, its own software to process the images and its possibility to change the lens for one with an spatial resolution of 50  $\mu\text{m}$ , so it enables to focus in microscale objects. This device has an accuracy of  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  or a  $\pm 2.00\%$  of the reading.

The camera software let to delimitate zones, create alarms and also share the results with all the other partners that don't have this software, making easy the test visualization and data process for all the partners.



Figure 12. IR camera FLIR A655sc

#### 5.- Design of test bench structure and distribution

Is designed a test bench platform to place all the devices. The platform is composed by a framework of Bosh profiles and a metal base where the components will be placed. The framework of the test bench is composed by 2 profiles of 570 mm, 4 of 690 mm and 4 of 370 mm (Figure 13).

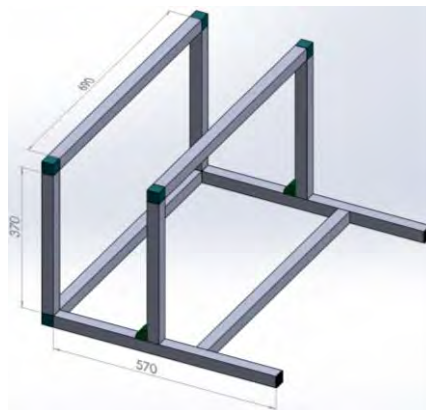


Figure 13. Test bench framework made from Rexroth profiles

A laser cutted base is placed on the framework. The base presents some holes to be able to hold all the equipment in place (Figure 14).



Figure 14. Laser cut base

In order to perform the preliminary test, a heating system is designed. This system consists in 4 cartridge resistances of 250 W each controlled manually by a potentiometer connected to the electric grid (230 V 50Hz). These resistances are placed in an isolated aluminium piece to concentrate all the heat flux to the top of the piece where a microchannel commercial cooler will be placed. The bottom of the aluminium piece is isolated with bakelite and around it with polyurethane foam.

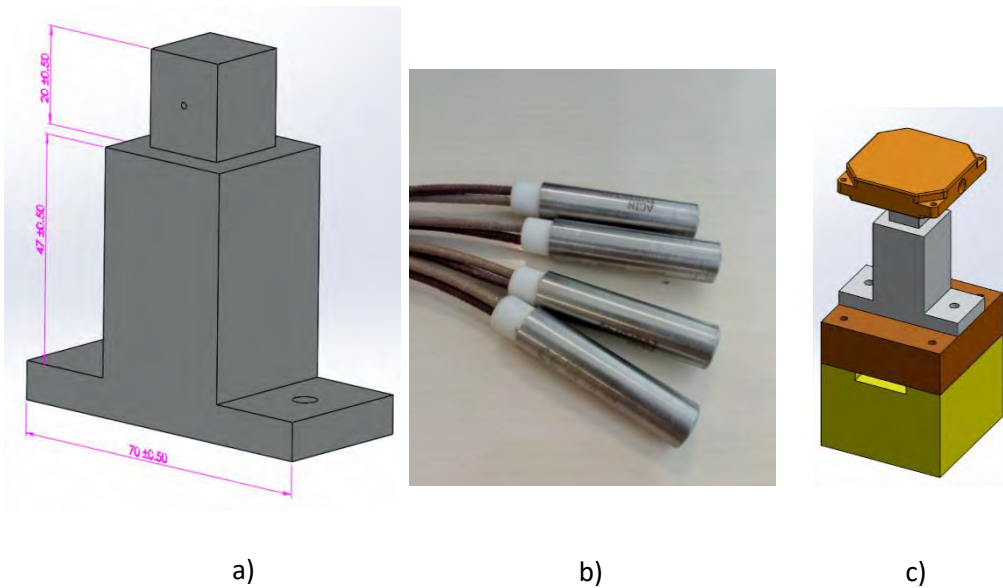


Figure 15. a) Designed aluminium piece b) cartridge resistances c) designed heating system with the commercial cooler

The test bench is mounted with the structure and the devices described (Figure 16). On the left, there is the thermostatic bath, next to it at the back, there is the filter. On the laser cut base there are the flowmeter, pumps, damper, designed heating system and the pressure sensor. Over the base, the data acquisition and the IR camera are placed. Finally, the three power sources are located beside the base.

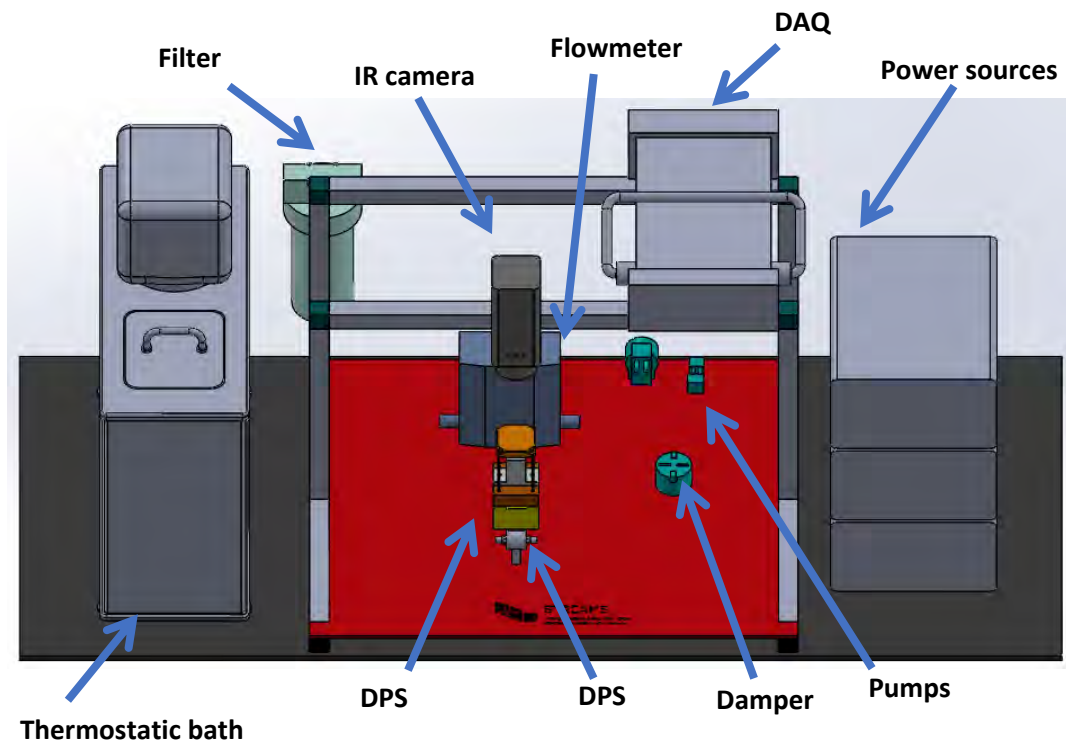


Figure 16. Test bench 3D representation.

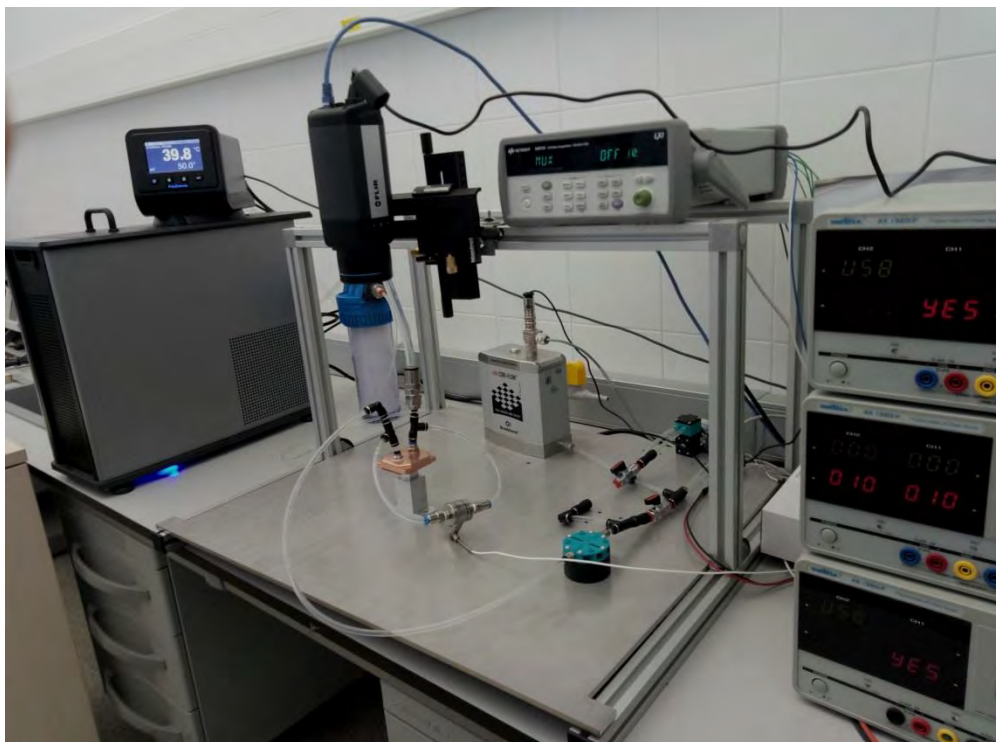


Figure 17. Operational test bench placed in the laboratory



## 6.- LabVIEW programming

### 6.1. – Inputs and outputs

To be able to control test and change operation conditions the user has to set some inputs in the LabVIEW program. The inputs are related with the boundary conditions, temperature warnings and the cycle time.

The LabVIEW outputs are power consumptions, energy balance, the reading of all the devices, temperature measurements, temperature differences and the indicators if some emergency stop is activated.

### 6.2. – Interface

The LabVIEW user's interface is showed in Figure 18. In this interface is shown the configuration of the resistances in an interactive way, following the test bench objective 4. The resistances are in green when they are active, but when they are stopped by overheat they turn into read. Also, there is a menu where the user can set the power from each resistance.

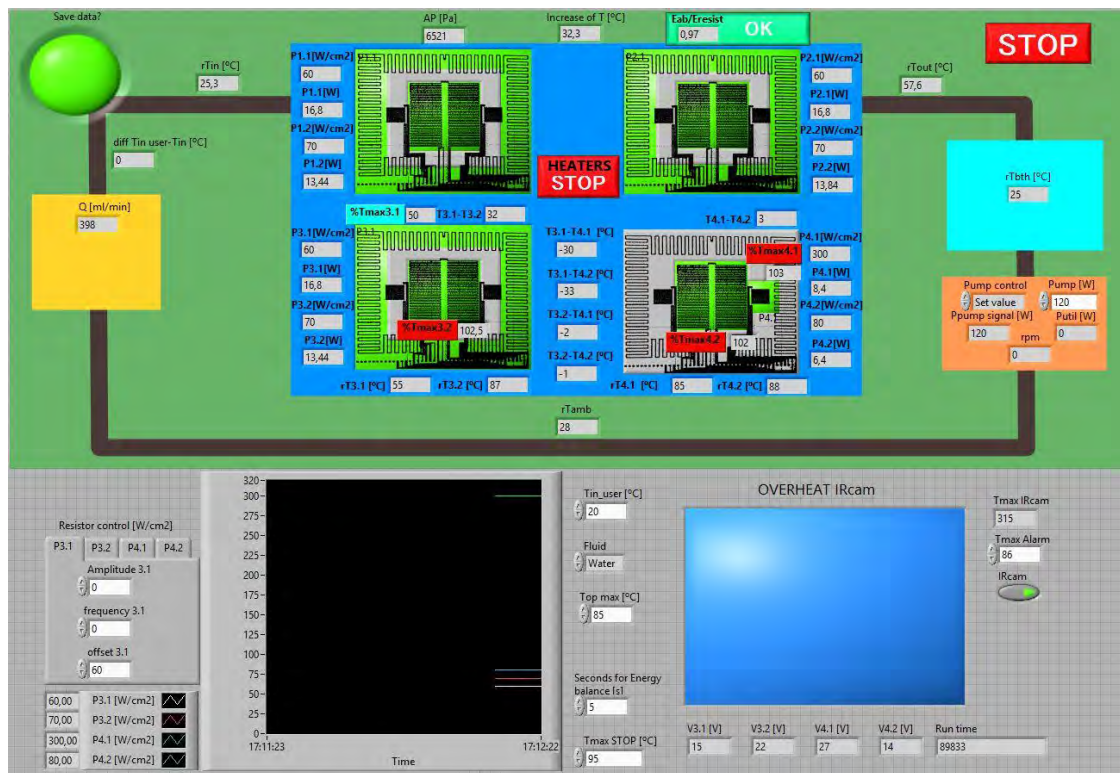


Figure 18. User's interface

Another interactive element are 4 boxes placed next to the resistances representing the temperature sensors, which can change the colour depending on how close they are to the maximum temperature of operation. If they are below the 85% of this temperature the box is light blue, if it's between the 85 and 95% is dark blue, between 95 and 100% is orange and if it's over 100% is red. The code that makes the comparison is showed in Figure 19 and the subprogram that sets the colour is in Figure 20.

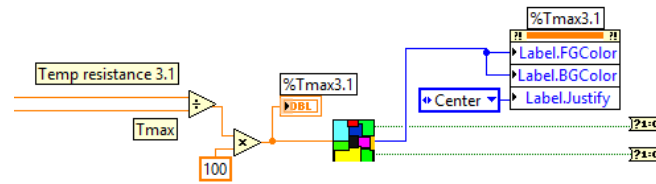


Figure 19. Comparison between temperature of a resistance and maximum operational temperature

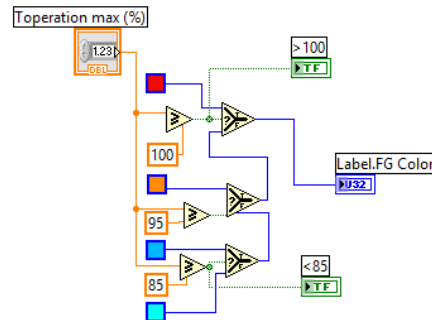


Figure 20. Subprogram to change labels colour

### 6.3. – Global programming structure

The main structure of all the code is the structure in Figure 21. This structure starts with the creation of a matrix where all the values will be stored. Then the matrix enters to a while loop where each loop data is appended to the matrix. Finally, as is set in objective 8, the user can choose to save or not all this data through the switch “Save data?” which activates the block of saving data where the headers are placed and it is converted to a coma separated value (.csv) file.

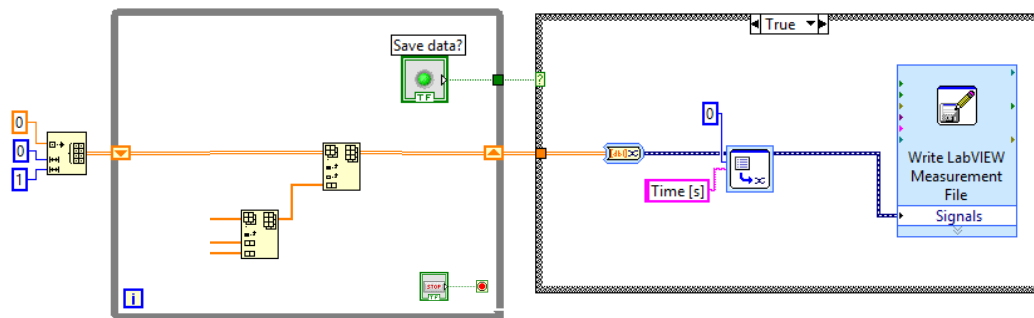


Figure 21. Structure where the code is applied

Time management is placed in the while loop (Figure 22). This is a relevant part of the program because the “Wait” sets time period to 500 ms, and this will condition many of the other parts of the code.

The “wait” function is enables the LabVIEW program to wait the time the user sets to make another loop. A possible problem that can appear in this case is that if in a part of the code, an error or a delay from an instrument makes the whole loop take more time than the time you set to wait, the next cycle will begin late.



To be able to detect this error, the value from the function “Run time” is saved with all the data. This function gives the absolute time each loop, so to know the real loop time, the user has to calculate the difference in absolute time between the steps.

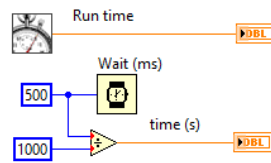


Figure 22. Time management

#### 6.4. – Devices communication

The code in the Figure 23 reads the values from the data acquisition. First of all, it opens the communication and disables the reset to reduce the time between measures. After that, it reads the value from the totalizer, which reads the value from a counter that receives the output from a pump. The pump sends 6 pulses for revolution and, knowing that, each measure between 500 ms calculates the speed in revolutions for minute. Then it measures the output voltage from the DPS which later is converted to a pressure measure.

Finally, the values from all the thermocouples that will be placed in the experimental device are read. For this operation it is needed to set the ports to read and specify the type of thermocouple used. In this way, the output from the measure is directly the temperature measured from each thermocouple. The thermocouples are set as security elements (objective 8) and also are used to calculate the energy balance (objective 6).

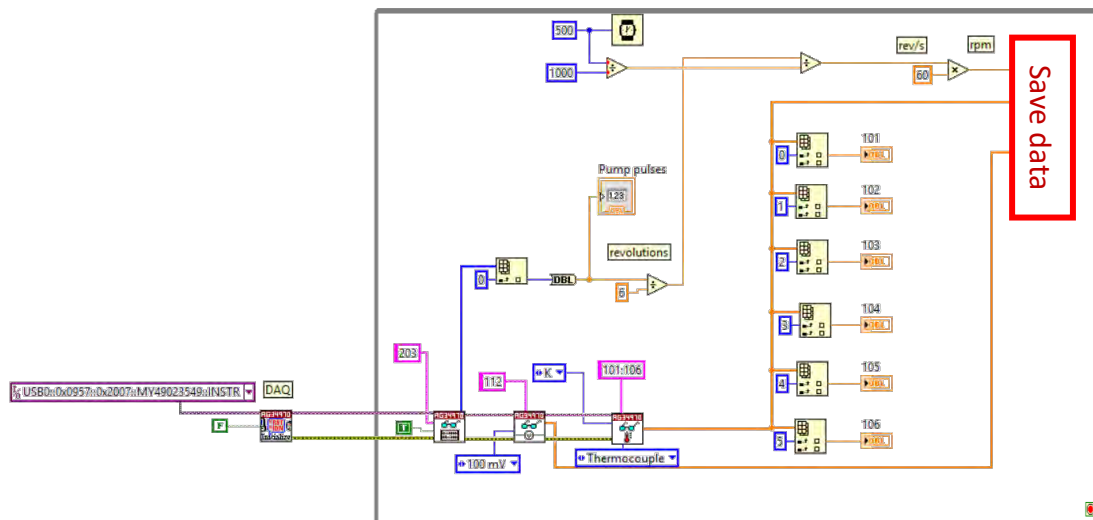


Figure 23. Data acquisition code

The code to read the data from the flowmeter is showed in Figure 24. This code, with the selected flowmeter, achieves the objective 5 of measuring the flow between 10 and 100 L/h. From the flowmeter, it is measured the flow in L/min, the flow in percentage of the device full scale, the fluid density and the temperature in this point of the hydraulic circuit. In this parameter, it's important to know the percentage of the full scale because this device allows to change between 3 different ranges of measure and depending of the tested cooler this scale would have to be changed.

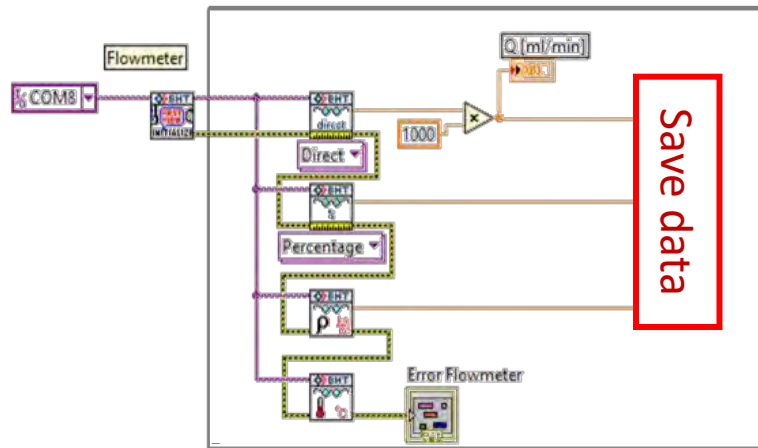


Figure 24. Read data from flowmeter

The code to control the three power sources is presented in Figure 25. The two first ones are dedicated to deliver power to the heaters, so when the test ends they automatically switch off. The third one flowing the 3<sup>rd</sup> objective of control the pump power is dedicated to deliver the signal to the pumps. In order to prevent any temperature issue, when the test ends it continues working and needs to be stopped manually. Also, a switch activated by the user can stop heater's power sources as a security element.

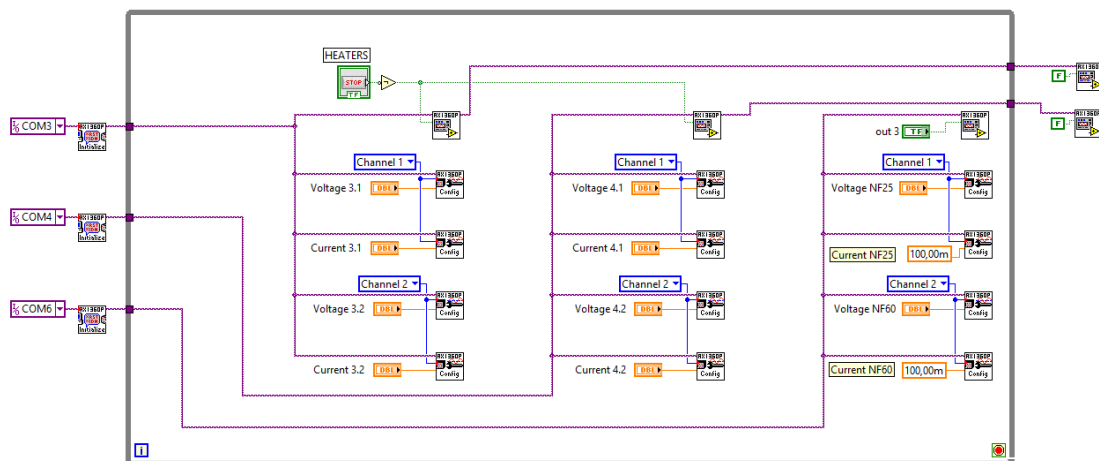


Figure 25. Power sources control

The thermostatic bath code is shown in Figure 26. This code starts the communication with the device by USB connection and reads the internal fluid temperature and the setpoint decided by the user. With this code, the objective 1 of controlling the temperature between 20 and 50 °C is accomplished.

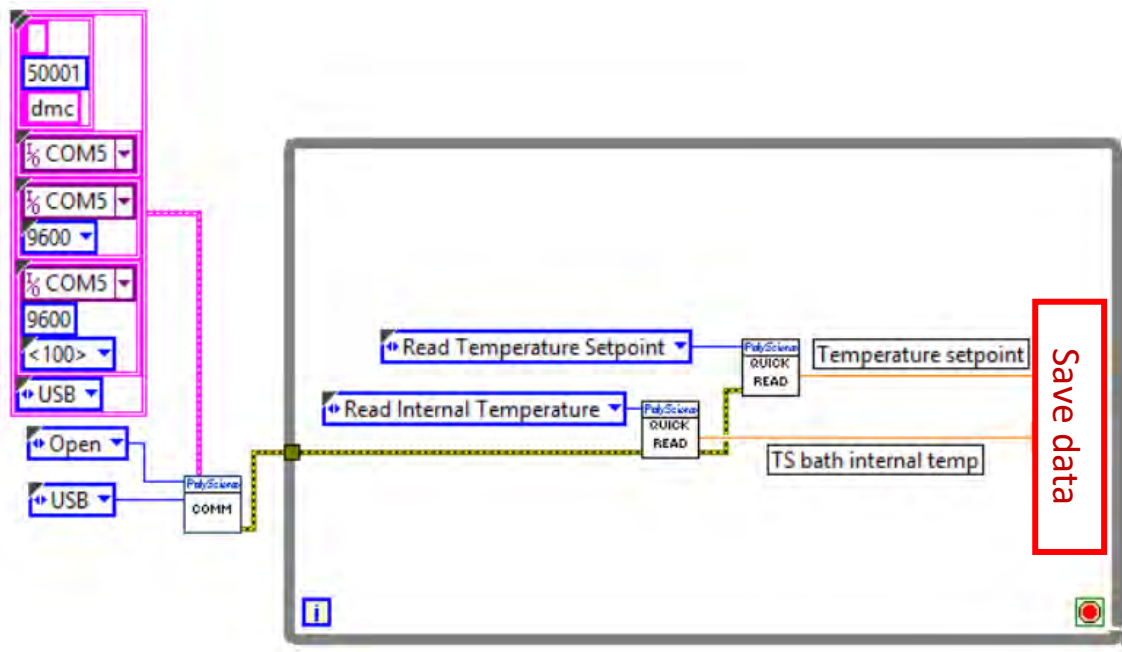


Figure 26. Thermostatic bath communication

To control the Infrared Camera in Figure 27 three blocks are used; the first one starts the communication and set the parameters of recording, the second one proportions the maximum temperature measured with a comparator, which can switch off heater's power supply if the temperature exceeds the limit set by the user. Finally, the last one stops the recording and closes the communication with the camera.

All this tree blocks are also controlled by a switch that enables or not the use of the infrared camera.

The camera actuates as a security element, which together with the other security functions, accomplishes the objective 7, to protect the prototype with a security system.

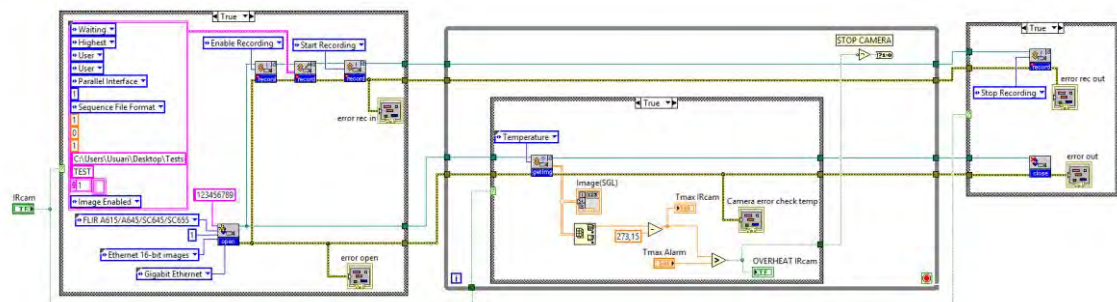


Figure 27. Infrared camera control

## 6.5. - Functions

### 6.5.1 - Power source output

The power sources program is made in order to accomplish the objective 2 “control the heat flux by setting the power density” and the objective 7 “a security system to protect the prototype”.

As seen in the power sources communication, there is a stop switch that enable the user to turn on and off the heaters. This isn't the only system where the power supply is set to 0 W. In Figure 28 there are the 3 ways of heaters disconnection; the comparisons with the temperature from thermocouples, the switch that can be used by the user and the warning for the camera if it detects a high temperature.

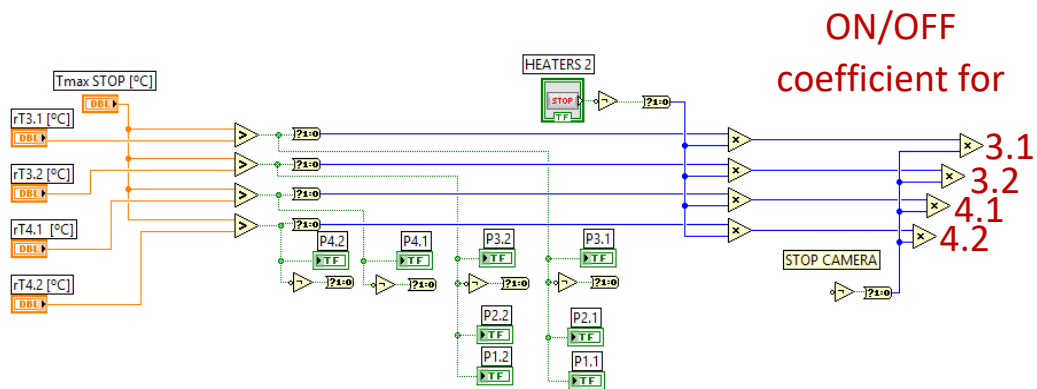


Figure 28 Heaters security disconnection

As this project requirements are set by power density loads the user will set the power density required in each heater. For that reason, is available a formula block that in can be set as a sinusoidal form to simulate load cycles or a constant load by the offset.

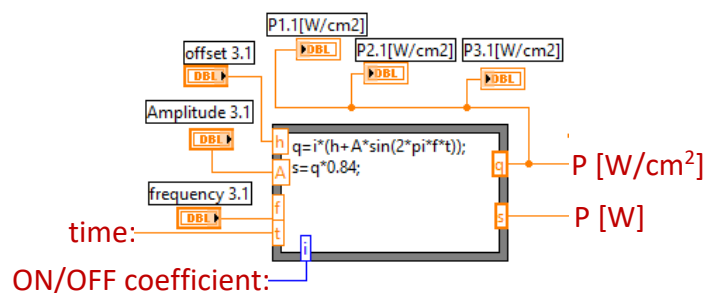


Figure 29. Setting heating power density for the resistance 3.1

This power is computed by power density and absolute power. The absolute power consumption is needed to calculate the voltage that each terminal of the controlled power source will need. The “V3.1 [V]” voltage value goes connected to the voltage set in the controlled power sources block diagram.

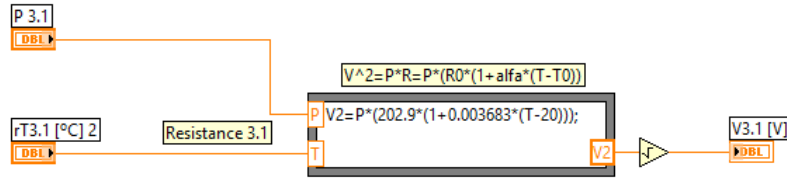


Figure 30. Compute of the voltage for the resistance 3.1

### 6.5.2. - Energy balance

As set in the objective 6, to validate the experimental part, an energy balance calculation is required. An energy balance is needed to control if the heat dissipated by the resistances is absorbed by the fluid or is dissipated to the ambient.

In Figure 31 there is the calculus of the energy absorbed by the fluid. It's calculated the heat capacity in function of the mean liquid temperature in the cooling device and taking in account the mass flow. In this way is obtained the energy absorbed by the fluid in the programming cycle time.

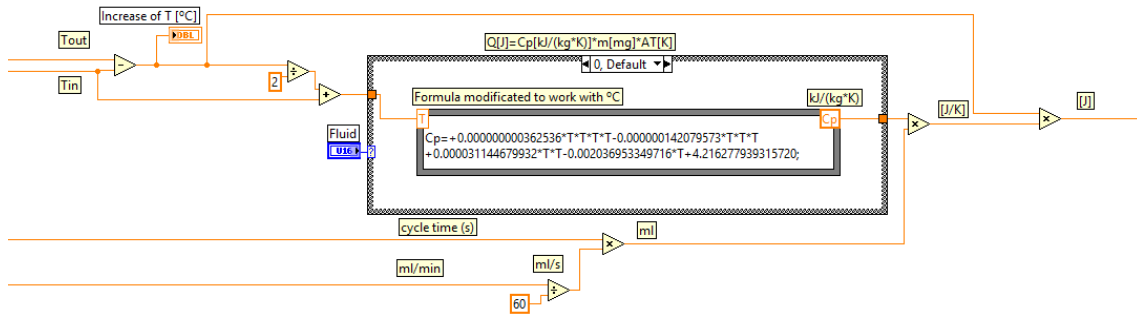


Figure 31. Compute of energy absorbed by the fluid.

The block diagram operations presented in Figure 31 to calculate the energy absorbed by the fluid are as follows;

To calculate the Cp:

$$C_p = 3.6253 \cdot 10^{-10} \cdot T_{av}^4 - 1.4208 \cdot 10^{-7} \cdot T_{av}^3 + 3.114 \cdot 10^{-5} \cdot T_{av} - 2.0369 \cdot 10^{-3} \cdot T_{av} + 4.2162$$

To calculate the mass:

$$m[g] = Q \left[ \frac{ml}{min} \right] \cdot \frac{1 [min]}{60[s]} \cdot t[s] \cdot \frac{1 [g]}{1 [ml]}$$

And finally to calculate the energy absorbed:

$$E_{abs} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Energy consumption by resistances is calculated by add the power demand for all the resistances in watts and multiplying by the cycle time in seconds.

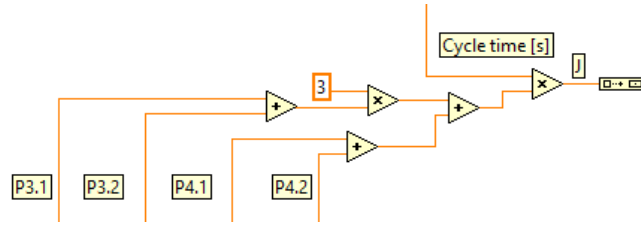


Figure 32. Compute of energy consumption by resistances

The block operations presented in Figure 32 to calculate the energy consumption by the resistances converted in formula is:

$$E_{resist} = ((P_{3.1} + P_{3.2}) \cdot 3 + P_{4.1} + P_{4.2}) \cdot t$$

When is known the energy consumption and the energy absorbed, a balance is calculated. This balance is not instantaneous, because there is a delay between the power consumption and the measure of the heated fluid, for that reason the balance takes in account a period of time that the user can set (in seconds, Figure 33).

The division of energy absorbed and consumed in the corresponding period of time is taken as an indicator of the energy balance. In function of this ratio it can be determinate de validation or not of the experiment.

$$\frac{E_{abs}}{E_{resist}} = \frac{\sum E_{abs}}{\sum E_{resist}}$$

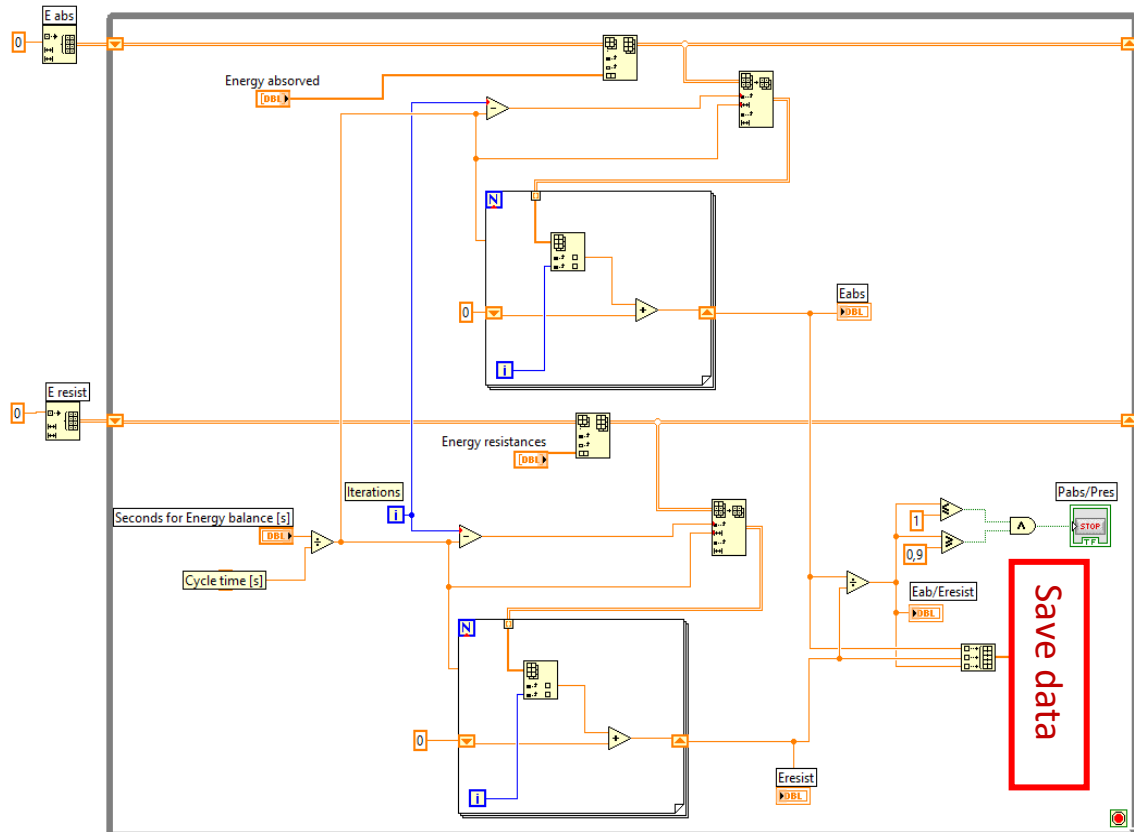


Figure 33. Energy balance

## 7.- ERRORS

### 7.1. – Error in energy balance calculation

For the experimental validation is important to know the accuracy of these calculations. For this reason, the error in all the energy balance is calculated.

The error in the calculation of the liquid average temperature in the device is two times the accuracy of the thermocouple.

$$\varepsilon_{T_{av}} = \varepsilon_{\Delta T} = 2 \cdot \varepsilon_T$$

As the error in thermocouples is  $\pm 1.5$  °C the error in the average temperature is  $\pm 3.0$  °C.

The error in the calculation of the  $C_p$  comes from the propagation of the error from the average temperature.

$$\varepsilon_{C_p} = \left| 3.62536 \cdot 10^{-10} \cdot T_{av}^3 - 1.42080 \cdot 10^{-7} \cdot T_{av}^2 + 3.11447 \cdot 10^{-5} \cdot T_{av} - 2.03695 \cdot 10^{-3} \right| \cdot \varepsilon_{T_{av}}$$

The flowmeter provides the flow in ml/min, but to operate is converted to grams. In this unit conversion, the error changes:

$$\varepsilon_m = \varepsilon_{flow} \cdot \frac{t[s]}{60}$$

Finally, the error from the energy absorption is the combination of the errors from the mass error, the heat capacity error and the difference of temperature error:

$$\varepsilon_{E_{abs}} = \varepsilon_m \cdot |C_p \cdot \Delta T| + \varepsilon_{C_p} \cdot |m \cdot \Delta T| + \varepsilon_{\Delta T} \cdot |m \cdot C_p|$$

The energy absorbed by the resistances has an error calculated by the power sources output error ( $\varepsilon_{PS}$ ) taking in account a voltage regulation, the intensity is not controlled:

$$\varepsilon_{PS} = (V_{out} \cdot 0.005 + 0.02) \cdot I$$

$$\varepsilon_{E_{resist}} = ((2 \cdot \varepsilon_{PS}) \cdot 3 + \varepsilon_{PS} + \varepsilon_{PS}) \cdot t$$

$$\varepsilon_{E_{resist}} = 8 \cdot \varepsilon_{PS} \cdot t$$

The global error in the energy balance is:

$$\varepsilon_{balance} = N \cdot \varepsilon_{E_{abs}} \cdot \left| \frac{1}{\sum E_{resist}} \right| + N \cdot \varepsilon_{E_{resist}} \cdot \left| \frac{\sum E_{abs}}{(\sum E_{resist})^2} \right|$$

The balance error depends on most of the parameters, for this it has been compute with some expected values, the global error is  $\pm 1.11$  %. This calculation was made with  $N=2$ , so an energy balance of 1 seconds. This is an important value, because is lineal dependent with the error. If  $N$  doubles, the error doubles, so the energy balance have to be done with the minimum of iterations, but it has to be enough time for the energy extraction.

### 7.2. – Error in $P_{pump}/P_{diss}$ calculation

To calculate the  $P_{diss}$  it is taken the error from the controlled power sources;

$$\varepsilon_{PS} = (V_{out} \cdot 0.005 + 0.02) \cdot I$$

The P<sub>pump</sub> is calculated by:

$$P_{pump} = Q \cdot \Delta P$$

The error in P<sub>pump</sub> calculation is:

$$\varepsilon_{P_{pump}} = \varepsilon_Q \cdot \Delta P + \varepsilon_{\Delta P} \cdot Q$$

Finally, the error in P<sub>pump</sub>/P<sub>diss</sub> is:

$$\varepsilon_{P_{pump}/P_{diss}} = \varepsilon_{P_{pump}} \cdot \left| \frac{1}{P_{diss}} \right| + \varepsilon_{PS} \cdot \left| \frac{P_{pump}}{(P_{diss})^2} \right|$$

## 8.- Conclusion

STREAMS project has 3 main functionalities, it applies; a smart cooling, energy harvesting, and TES (thermal electric sensors). All these functionalities have to be validated experimentally by the UdL for the PoC. Therefore, is required a test bench that allows to assess the performance and monitor the behaviour of the design cooling device (WP2 PoC) and the whole system (WP5 PoC).

In this project the design requirements of the test bench have been defined. In a second step, the components have been defined, bought and assembled. In addition, the communications between the components and the control software (LabVIEW) have been stabilized. Finally, a LabVIEW program has been implemented in order to reach the design requirements by:

- Controlling the input parameters.
- Monitoring assess the performance parameters.
- Applying some security warnings and procedures.
- Enabling a smart interface display.

The test bench has been validated through experiments with a commercial CPU cooler.

## 9.- Acknowledgements

The research leading to these results has been performed within the STREAMS project ([www.project-streams.eu](http://www.project-streams.eu)) and received funding from the European Community's Horizon 2020 program under Grant Agreement n° 688564.

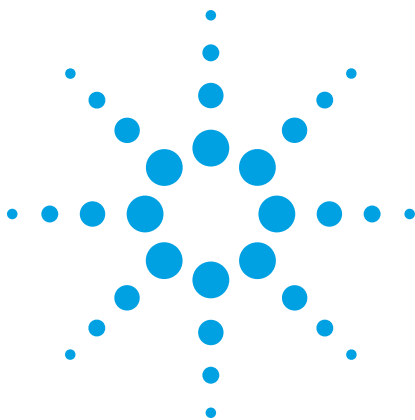
## 10.- References

- [1] C. S. Sharma, S. Zimmermann, M. K. Tiwari, B. Michel, and D. Poulikakos, "Optimal thermal operation of liquid-cooled electronic chips," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 55, no. 7–8, pp. 1957–1969, 2012.
- [2] C. S. Sharma, G. Schlottig, T. Brunschweiler, M. K. Tiwari, B. Michel, and D. Poulikakos, "A novel method of energy efficient hotspot-targeted embedded liquid cooling for electronics: An experimental study," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 88, pp. 684–694, 2015.
- [3] L. M. Collin, M. R. S. Shirazy, J. P. Colonna, P. Coudrain, S. Cheramy, A. Souifi, and L. G. Frechette, "Thin micro-cold plate for hot-spot aware chip cooling," 2016 6th Electron. Syst. Technol. Conf. ESTC 2016, 2016.



## ***Annexes***

## ***Annex I: Data acquisition Datasheet***



# Agilent 34970A

## Familia de unidades de adquisición de datos/ conmutación

Descripción de producto

34970A

34972A



**Rendimiento Agilent por una mínima parte del coste de otros sistemas de adquisición de datos independientes**

- Mainframe de 3 ranuras con multímetro digital de 6½ dígitos incorporado y 8 módulos conectables de conmutación y de control opcionales
- Mide y convierte 11 señales de entrada distintas: temperatura con termopares, RTD y termistores; tensión DC/AC; resistencia a 2 y 4 hilos; frecuencia y periodo; corriente DC/AC
- Opciones de I/O Gigabit LAN, USB, GPIB o RS-232 para facilitar la conectividad con el PC
- Interfaz gráfica web para monitorización y control mediante el ratón (34972A)
- Compatibilidad con unidades USB Flash para copiar/regar datos en aplicaciones independientes (34972A)
- Incluye el software BenchLink Data Logger para configurar y controlar pruebas, mostrar resultados y recopilar datos para su posterior análisis



**Agilent Technologies**

## Contenido

3	Características
6	34970A/34972A: potencia y flexibilidad
7	La unidad 34970A/34972A para aplicaciones de adquisición de datos
10	Uso de la unidad 34970A/34972A para aplicaciones de equipos de prueba automatizados
11	Lista de características del equipo de prueba automatizado
12	Uso de la unidad 34970A/34972A para aplicaciones de conmutación
13	Personalice la unidad 34970A/34972A con módulos conectables
13	Guía de selección rápida de módulos
14	Calidad Agilent
15	Guía de interpretación de especificaciones
16	Especificaciones de precisión
18	Velocidad de medición de sistema
19	Especificaciones del sistema
19	Software Agilent BenchLink Data Logger incluido
20	Especificaciones de los módulos
21	Guía de selección de multiplexores (34901A, 34902A y 34908A)
23	Módulo de actuador (34903A)
23	Módulo de matriz (34904A)
24	Módulos de multiplexor de RF (34905A, 34906A)
25	Módulo multifunción (34907A)
26	Montaje en rack y dimensiones
27	Información para pedidos

# Características

## Precio y rendimiento sin competencia

Atrévase a comparar las unidades de adquisición de datos/ conmutación 34970A y 34972A de Agilent Technologies con otros de los sistemas de adquisición de datos disponibles en el mercado. Será difícil que encuentre un sistema que ofrezca el potente rendimiento de medida, la flexibilidad, las opciones de conectividad y la facilidad de uso de la unidad 34970A/34972A, incluso en sistemas que cuestan entre 3 y 5 veces más.

## ¿Qué puede esperar de un sistema de adquisición de datos con este precio? Medidas plenamente fiables

Hemos tomado el dispositivo de medida del multímetro digital de banco de trabajo más vendido y lo hemos integrado en un mainframe de 3 ranuras. Así, disfrutará del rendimiento de medida probado de Agilent, entradas universales con acondicionamiento de señal incorporado y flexibilidad modular, todo ello en un paquete de adquisición de datos compacto y económico. La unidad 34970A/34972A presenta 6½ dígitos (22 bits) de resolución, precisión de DCV básica del 0,004 % y ruido de lectura ultrabajo. Combine estas características con velocidades de barrido de hasta 250 canales/s y obtendrá la velocidad y precisión necesarias para terminar los trabajos con éxito y a la primera.

## Acondicionamiento de señal incorporado para obtener resultados a la primera

¿Necesita medir temperatura, tensión AC/DC, resistencia, frecuencia o corriente? Confíe en la unidad 34970A/34972A.

El multímetro digital con autorango mide directamente 11 funciones distintas, sin que sea necesario realizar un costoso acondicionamiento de señal externo. Y nuestro diseño exclusivo permite una configuración por canal completa para conseguir la máxima flexibilidad y una configuración rápida y sencilla. Es como tener un multímetro digital de alto rendimiento e independiente tras cada canal.

## Conectividad estándar con el PC

Independientemente del uso de interfaces GPIB, RS-232, LAN o USB, la familia 34970A/34972A permite una conexión fácil con el PC. La unidad 34972A cuenta con interfaces Gigabit LAN y USB 2.0 incorporadas, por lo que puede conectarse a un PC moderno sin tener que adquirir tarjetas GPIB, cables o convertidores. Además, la conexión LAN estándar ofrece la ventaja adicional de una interfaz gráfica web que facilita la configuración de las medidas y la monitorización de los resultados utilizando un navegador web estándar.

## Cómodo almacenamiento de datos en unidad USB Flash

La unidad 34972A también presenta un puerto de memoria USB incorporado que permite utilizar unidades USB Flash para cargar configuraciones de BenchLink Data Logger en el 34972A y recopilar datos sin tener que conectarse a un PC. Los datos pueden registrarse directamente en la unidad USB Flash, ampliando así la memoria del instrumento, o copiarse desde la memoria interna para transferirlos a un ordenador en otro lugar.



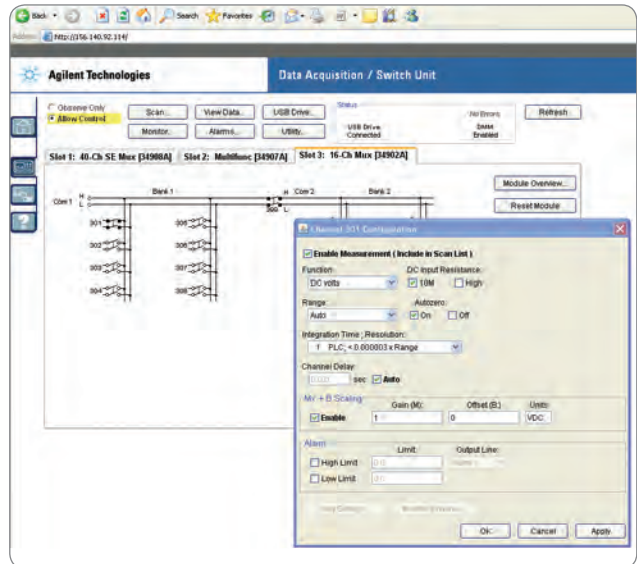
## Interfaz gráfica web fácil de usar (solo 34972A)

La interfaz gráfica web incorporada facilita el acceso y el control del instrumento utilizando un navegador web con Java, como Internet Explorer. Esta interfaz permite configurar medidas, definir y ejecutar listas de barrido, o monitorizar los resultados de medida desde cualquier lugar a través de la red. Solo tiene que introducir el nombre de host o la dirección IP en el campo URL del navegador para acceder a las funciones del instrumento, gracias al control por ratón situado en el mismo navegador.

- Especificar la configuración de medida por canal
- Definir y ejecutar exploraciones de conmutación
- Abrir, cerrar o monitorizar posiciones de conmutación
- Monitorizar lecturas de medida
- Ver y guardar datos
- Enviar comandos SCPI y ver el registro de comandos de I/O
- Ver la cola de errores
- Ver información del instrumento, como la configuración de módulos, recuentos de relé, revisiones de firmware y mucho más

Además, como la interfaz web está incorporada en el instrumento, puede acceder desde cualquier sistema operativo que admita navegadores web sin tener que instalar ningún software específico.

Para restringir el acceso, la unidad también dispone de protección por contraseña y bloqueo de LAN. La interfaz gráfica web facilita la configuración de medidas, configuración y ejecución de barridos o la solución de problemas en los diseños desde cualquier lugar a través de la red.

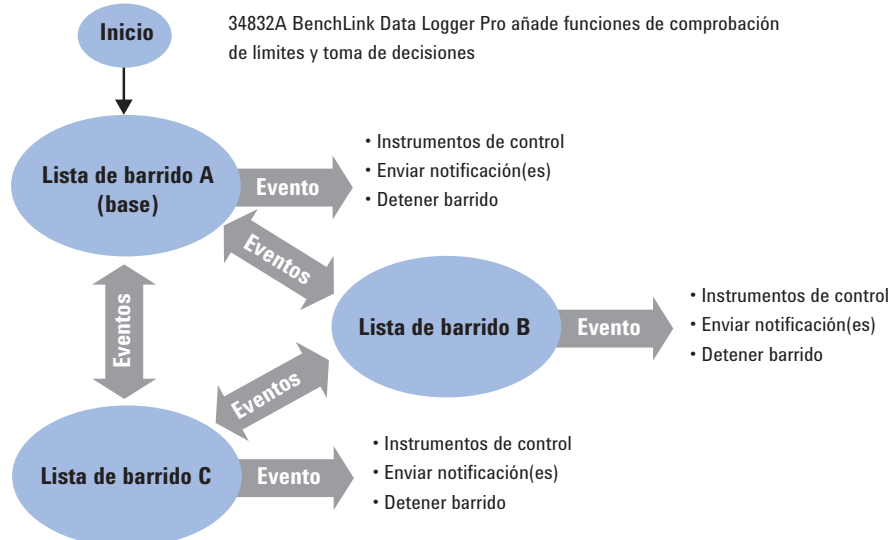


## Con el software gratuito BenchLink Data Logger ahorrará tiempo y dinero

Ya no es necesario perder tiempo escribiendo o configurando software. El software Agilent BenchLink Data Logger 3 le permite configurar pruebas y visualizar y analizar datos en tiempo real con la conocida interfaz de Microsoft® Windows®. Aún más, la aplicación de registro de datos está incluida en cada unidad estándar 34970A/34972A de Agilent.

### También disponible

El software BenchLink Data Logger Pro añade funciones de comprobación de límites y toma de decisiones para las aplicaciones más complejas. Solo tiene que identificar las medidas que desee adquirir, definir los límites y las acciones que se llevarán a cabo, e iniciar el proceso. Sus datos serán recopilados, evaluados y desencadenarán la acción correspondiente en tiempo real.



## Facilidad de uso máxima

Desde la configuración simplificada hasta la interfaz gráfica web de la 34972A, hemos hecho todo lo posible por facilitarle el trabajo. Una serie de sencillas mejoras, como conectores de terminal atornillado en los módulos, uniones de referencia de termopar incorporadas, una documentación de usuario bien organizada con multitud de ejemplos y consejos, y un kit Primeros pasos que le permitirá realizar medidas en cuestión de minutos, se combinan para aumentar la productividad, independientemente de la frecuencia con que use el instrumento.

## Configuraciones personalizadas que crecen a su ritmo

3 ranuras para módulos y 8 módulos de conmutación/control permiten personalizar la unidad 34970A/34972A en respuesta a sus demandas específicas. Solo tendrá que adquirir lo que necesite y agregar módulos a medida que crezca su aplicación.

## Compatibilidad entre 34970A y 34972A

La unidad de adquisición de datos/conmutación LXI 34972A es la versión LXI de la unidad 34970A. Sustituye a las interfaces GPIB y RS-232 con una conectividad moderna directamente al PC o al ordenador portátil.

Los 8 módulos conectables pueden utilizarse con cualquiera de las dos unidades, de forma que todas las medidas y cableados son compatibles. La unidad 34972A puede integrarse fácilmente en programas de pruebas existentes con solo cambiar la dirección del instrumento. Como el código del 34972A es un superconjunto del código de la unidad 34970A, una vez se cambie la dirección del instrumento, el programa de pruebas se ejecutará normalmente.

Ejemplo:

Cambiar:

```
Set inst1.IO = ioMgr.Open("GPIB0::9::INSTR")
```

A:

```
Set inst1.IO = ioMgr.Open("TCPIP0::156.140.77.230::inst0::INSTR")
```

	34970A	34972A
8 módulos disponibles	•	•
Drivers para LabView	•	•
Drivers IVI-C, IVI-COM	•	•
BenchLink Data Logger	•	•
BenchLink Data Logger Pro opcional	•	•
Interfaz gráfica web		•
Gigabit LAN		•
USB 2.0		•
Puerto de memoria USB		•
GPIB	•	
RS-232	•	



# Más potencia y flexibilidad de la que nunca haya podido imaginar

El multímetro digital interno de 6½ dígitos (22 bits) mide 11 funciones sin acondicionamiento externo de la señal

Intuitivo panel frontal con menús de autoguiya y orientados a tareas

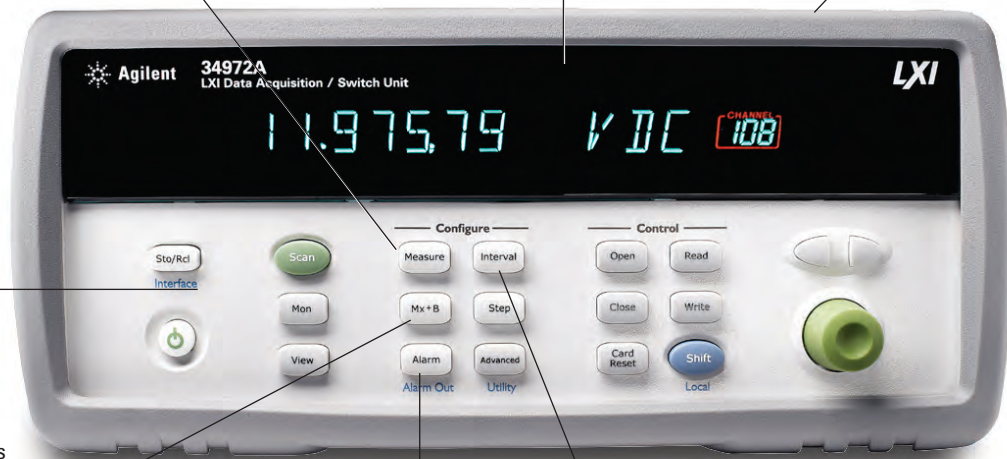
La memoria no volátil de 50 000 lecturas conserva los datos cuando no hay energía

Modo de monitorización para supervisar las pruebas en marcha

Función de escalado para convertir datos brutos en las unidades definidas por el usuario

Límites de alarma HI/LO en cada canal de entrada más 4 salidas de alarma TTL

Reloj en tiempo real con batería para marcar los barridos y la información temporal de las medidas



## 34972A



USB

- Hasta 96 puntos de cruce de matriz o 120 canales single-ended
- Ocho módulos conectables de conmutación y de control a elegir
- Agilent BenchLink Data Logger 3, drivers IVI-CC, IVI-COM y drivers para Agilent VEE y NI LabView incluidos

Puerto de memoria USB para registrar/transferir datos a una unidad USB Flash

Puertos LAN y USB incorporados para conexión inmediata a un PC

## 34970A



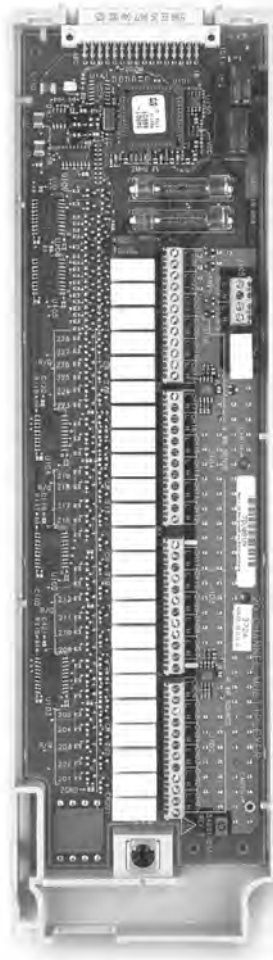
GPIB

Interfaces GPIB y RS-232 incorporadas en 34970A



## La unidad 34970A/34972A de Agilent ofrece una versatilidad sin precedentes para aplicaciones de adquisición de datos

En el pasado, había que elegir: por un lado, podíamos disfrutar del funcionamiento sencillo y el bajo coste de un registrador de datos; por otro lado, estaba la flexibilidad y el alto rendimiento de los sistemas de adquisición de datos modulares. Con la unidad de adquisición de datos/conmutación 34970A/34972A de Agilent ya no tiene que elegir: dispondrá de una interfaz de usuario sencilla con un coste por canal mínimo, flexibilidad modular, conectividad estándar y un rendimiento de medida impresionante.



¿Es ingeniero de I+D y necesita caracterizar su último diseño? ¿O un ingeniero de fabricación y quiere construir un sistema de pruebas o solucionar los problemas de un proceso? La unidad de adquisición de datos/conmutación 34970A/34972A ofrece la mejor relación precio-rendimiento de medida.

### Un registrador de datos

Configurada con un multiplexor de relé de 20 canales, la unidad 34970A/34972A se convierte en un potente y económico registrador de datos para aplicaciones de caracterización simples. Aún más, las interfaces LAN y USB de la unidad 34972A hacen que resulte ideal para configurar y controlar aplicaciones de registro de datos en ubicaciones remotas. Para más información sobre el uso de la unidad 34970A/34972A para aplicaciones de registro de datos, consulte la página 8.

### Una entrada de adquisición de datos

La unidad 34970A/34972A constituye un sistema de prueba automatizado con un excelente rendimiento de medida, con la precisión, resolución y velocidad necesarias. Para obtener información de aplicación, consulte la página 10.

### Un sistema de conmutación

Solicite el mainframe sin el multímetro digital interno y tendrá una solución de enrutamiento de señales de alta calidad a un precio aún menor. Para más información, consulte la página 12.



Y la 34970A/34972A mide y convierte 11 señales de entrada distintas:

- Temperatura con termopares, RTD y termistores
- Tension DC y AC
- Resistencia a 2 y 4 hilos
- Frecuencia y periodo
- Corriente DC y AC

Además, cada canal se configura de forma independiente.

Esto significa que puede configurar el canal 1 para DCV, el canal 2 para un termopar de tipo K y los canales 3 y 13 para la medida RTD a 4 hilos, todo en el mismo módulo y en un único barrido.

Para conversiones lineales personalizadas, utilice la función de escalado  $Mx + B$  en cualquier canal. Incluso puede visualizarse una etiqueta personalizada de 3 caracteres, como RPM o PSI, para identificar sus unidades de medida.

## Alarmas versátiles

Las alarmas también están disponibles por cada canal. Introduzca un límite alto, un límite bajo o ambos. La unidad 34970A/34972A compara cada lectura con sus límites e identifica las medidas fuera de rango. Puede asignar una de las 4 salidas de alarma TTL a cualquier canal de entrada para disparar luces de alarma externas, sirenas o para enviar un pulso TTL al sistema de control, todo ello sin necesidad de tener un PC conectado.

## Barridos más simples

La unidad 34970A/34972A genera automáticamente una lista de barrido que incluye todas las entradas configuradas (incluyendo las entradas digitales del módulo multifunción 34907A de Agilent) en orden ascendente según el número de canal. Puede definir el ritmo de los barridos ajustando el temporizador interno de la unidad 34970A/34972A para que realice un barrido automático a intervalos regulares, pulsando manualmente un botón del panel frontal o enviando un comando de software o un pulso de disparo TTL externo.

## Monitoree cualquier entrada

Un modo de visualización especial monitoriza un canal de entrada seleccionado, actualizando continuamente la pantalla con nuevas lecturas, incluso durante un barrido. O bien, si se utiliza la unidad 34972A con LAN incorporada, los canales se pueden monitorizar en red usando la interfaz gráfica web. Resulta ideal para vigilar una entrada clave o para solucionar problemas en el sistema antes de una prueba.

## La memoria no volátil y la unidad USB Flash añaden portabilidad y comodidad

Todas las lecturas se registran con información temporal automáticamente y se almacenan en una memoria no volátil de 50 000 lecturas: suficiente para guardar los datos de más de una semana de trabajo (20 canales explorados cada 5 minutos). La memoria no volátil conserva los datos incluso tras cortar la alimentación, por lo que puede usar la unidad 34970A/34972A para recopilar datos en una ubicación remota y luego cargarlos en un PC. Y si necesita aún más memoria, el puerto USB de la unidad 34972A puede utilizarse para registrar los datos directamente en una unidad USB Flash o copiarlos desde la memoria de lectura sin tener que conectar un ordenador.

### Lista de características del registro de datos

- De 1 a 120 canales de entrada analógica
- Medidas de tensiones DC y AC, de temperatura con termopar, RTD y termistor, resistencia a 2 y 4 hilos, corriente DC y AC, frecuencia y periodo
- 6½ dígitos (22 bits) de resolución con precisión de DCV básica a un año del 0,004 %
- 50 000 lecturas de memoria no volátil, incluido registro en función del tiempo
- Escala y alarmas disponibles en cada canal
- Panel frontal con todas las funciones para una configuración independiente, solución de problemas y visualización de datos
- Software BenchLink Data Logger 3 para configuración y análisis de datos
- Almacenamiento no volátil para 5 estados de instrumentos completos
- Interfaces LAN o USB incorporadas para dar soporte a las aplicaciones de registro de datos remoto (solo 34972A)

## Un sistema de adquisición de datos potente y flexible para pruebas automatizadas

La unidad 34970A/34972A le ofrece la resolución, precisión, repetibilidad y velocidad que pueden esperarse de un sistema de adquisición de datos Agilent. Proporciona la potencia de medida que usted necesita, además de enrutamiento de señales y capacidad de control, en un formato flexible y modular que puede crecer y adaptarse a sus distintas aplicaciones.

### Medidas con potencia

El multímetro digital interno de 6½ dígitos aporta a la unidad 34970A/34972A la potencia y rendimiento de un multímetro digital independiente de alto rendimiento, pero con un coste mucho menor y en mucho menos espacio. Resulta tan preciso como el mejor multímetro digital de banco de trabajo del mercado: precisión de DCV básica a un año del 0,004 %, precisión de ACV básica a un año del 0,06 % y precisión de resistencia básica a un año del 0,01 %. Nuestra tecnología A/D patentada Multi-slope III ofrece una linealidad increíble (2 ppm de lectura +1 ppm de rango) junto con 22 bits de resolución real. Y gracias a la integración de A/D, también ofrece un excelente rechazo del ruido, toda una ventaja frente a los ruidosos módulos conectables para PC y A/D's de muestreo. Olvidese de tener que promediar grupos de muestras para localizar los datos reales deseados. Y si necesita altas velocidades de barrido, la unidad 34970A/34972A es capaz de ofrecer medidas totalmente convertidas a velocidades de hasta 250 canales/s.

La sección de entrada del multímetro digital está aislada ópticamente y protegida de la circuitería con referencia tierra y de la interfaz de ordenador de la unidad 34970A/34972A, con un máximo de 300 V de aislamiento de entrada. Esto es importante a la hora de reducir los errores de tensión de modo común y de tierra debidos a largos tendidos de cable y fuentes de medida flotantes.

## Funcionalidad flexible

El multímetro digital está instalado dentro del chasis, en lugar de situarse en una de las ranuras, dejando las 3 ranuras del mainframe libres para módulos de conmutación y de control. Puede elegir entre 8 módulos distintos (consulte la página 13) para conseguir la precisión de funcionalidad necesaria y la flexibilidad deseada para futuras expansiones.

La versatilidad del multímetro digital interno le permite medir 11 tipos de entradas de forma sencilla y económica. Las tareas de conversión y acondicionamiento de señal incorporadas convierten los datos brutos directamente en información real. Cada canal de medida se puede configurar de forma independiente, por lo que se pueden establecer distintas funciones de medida, factores de escala y límites de alarma, incluso en canales adyacentes. También pueden seleccionarse para cada canal funciones de medida avanzadas, como compensación de offset, tiempo de integración variable y retardo.

### Consiga mejores medidas con el acondicionamiento de señal incorporado

La arquitectura de la unidad 34970A/34972A de Agilent ofrece ventajas frente a otras soluciones de adquisición de datos que requieren módulos externos o conectables de acondicionamiento de señal para gestionar funciones distintas de DCV:

- Minimiza el cableado externo y, en consecuencia, el potencial de entrada de ruido y errores en el sistema.
- Reduce los costes ocultos y el coste general del sistema al evitar cables innecesarios, equipos de diagnóstico y elementos de acondicionamiento de señal.
- Simplifica la configuración, agilizándola y simplificándola con menos conexiones y componentes.
- Elimina la necesidad de conjeturas en los análisis de error. La precisión de las medidas puede especificarse para que incluya todos los errores relativos al sistema.
- Mejora la fiabilidad, con menos interconexiones y menos piezas que puedan fallar.

## Drivers

Saque el máximo partido al tiempo de desarrollo de software para sistemas de pruebas. La unidad 34970A/34972A dispone de drivers compatibles con C, C#, Visual Basic, Visual Studio, Agilent VEE y National Instruments LabView® para facilitar la integración en su sistema de pruebas. Las interfaces estándar RS-232 y GPIB de la unidad 34970A, o LAN y USB de la 34972A, así como el lenguaje de programación SCPI, facilitan aún más esta integración.

## Lista de características del equipo de prueba automatizado

- Mainframe de tarjetas con 3 ranuras y multímetro digital interno de 6½ dígitos (22 bits)
- Precisión de DCV básica a un año del 0,004 %; precisión de ACV del 0,06%
- Hasta 120 medidas unipolares o 96 puntos de cruce de matriz en un instrumento de media anchura de rack de 3½" de altura
- Ocho módulos de conmutación y de control incluyen multiplexores de radiofrecuencia y baja frecuencia, conmutadores matriciales y de actuación, entrada y salida digital, salida analógica y registro de eventos
- Velocidades de barrido de hasta 250 canales/s
- Interfaces GPIB y RS-232 de 115 kbaudios estándar (34970A)
- Interfaz gráfica web para acelerar el desarrollo de pruebas y monitorizar pruebas de forma remota (34972A)
- Drivers disponibles para dar soporte a Agilent VEE y National Instruments LabView
- Función de mantenimiento de relé para el mantenimiento del sistema



Sistema compacto de adquisición de datos de 60 canales

## Conmutación de alta calidad y bajo coste para pruebas automatizadas

Si no necesita las capacidades de medida incorporadas de la unidad 34970A/34972A, ahorre costes solicitándola sin el multímetro digital. Así conseguirá la unidad de conmutación más económica del mercado. Es la solución ideal para enrutar señales de prueba desde y hacia el dispositivo sometido a prueba (DUT) y determinados instrumentos, como multímetros digitales externos, osciloscopios, contadores y fuentes de alimentación. Además, si sus necesidades cambian, puede agregar el multímetro digital después.

## La funcionalidad que necesita

Hemos invertido mucho tiempo en definir y diseñar los módulos de la unidad 34970A/34972A para abarcar una amplia gama de necesidades de conmutación y enrutamiento de señales con el menor número de módulos posible. ¿El resultado? Pedidos simplificados y una configuración más sencilla. Y, al mismo tiempo, conseguimos mejorar el rendimiento y la densidad. Los módulos de la unidad 34970A/34972A pueden conmutar de microvoltios a 300 voltios, de DC a 2 GHz, y con densidades de hasta 120 canales single-ended o 96 puntos de cruce de matriz por unidad. Además, también existen funciones de control simples, como salidas analógicas, salidas digitales de colector abierto y relés de forma C aislados para controlar dispositivos de potencia superior.



*Sistema de conmutación de bajo coste para pruebas automatizadas*

## Barrido sencillo

La unidad 34970A/34972A puede realizar barridos de forma sencilla con instrumentos externos. Genera una lista de barrido que incluye todas las entradas de multiplexor de baja frecuencia habilitadas. Los barridos se controlan con la entrada externa de "avance de canal" o con la tecla "Step" del panel frontal.

## Conexión a la red de la empresa

La interfaz LAN de la unidad 34972A permite conectar fácilmente el instrumento a la red de la empresa para recopilar datos de medida en una base de datos central, acceder remotamente a la configuración del instrumento o monitorizar los datos de medida desde cualquier punto de la red.



## Personalice su 34970A/34972A de Agilent con módulos conectables

Una completa selección de módulos conectables le permite elegir entre distintas funciones de medida, conmutación y control de alta calidad. Los módulos incluyen multiplexores de RF y baja frecuencia, un conmutador matricial, un conmutador de uso general y un módulo multifunción que incluye entrada/salida digital, salida analógica y funciones de totalizador. Puede combinar los módulos a voluntad para obtener la funcionalidad precisa que necesita y luego cambiar o agregar más canales a medida que crezca la aplicación.

Los módulos para la unidad 34970A/34972A están diseñados para que las pruebas resulten más sencillas, rápidas y fiables. ¿Cómo? Así:

### Mayor producción

Nuestra arquitectura exclusiva incorpora un microprocesador de altas prestaciones en cada módulo, aligerando así la carga del procesador del mainframe y minimizando las comunicaciones de conexión para agilizar la producción.

## Más canales en menos espacio

La construcción de montaje en superficie y el diseño altamente integrado minimizan el espacio necesario para los circuitos de interfaces y controladores de relé. Los conectores de los módulos de alta densidad ahorran el espacio de conexión y en las placas que normalmente necesita un bloque de terminales. Utilizamos la tecnología más avanzada para sacar el máximo partido al espacio en placa disponible, ofreciéndole hasta 40 canales single-ended en aproximadamente el mismo espacio utilizado por muchos bloques de terminales de sistemas de adquisición de datos.

### Conexiones cómodas

Los conectores de terminal atornillado en los módulos facilitan el cableado. El enrutamiento de cables con alivio de tracción incorporado y los puntos de sujeción aseguran el cableado contra tirones accidentales. Un bus analógico interno enruta las señales desde cualquiera de los multiplexores de baja frecuencia directamente al multímetro digital interno, sin necesidad de conexiones externas.

Utilice la siguiente tabla para localizar los módulos que responden a sus necesidades.

## Guía de selección rápida de módulos para las unidades 34970A y 34972A de Agilent

Descripción del modelo	Tipo	Velocidad (canales/s)	Tensión máx.	Intensidad máx.	Ancho de banda	Desviación térmica	Comentarios	Página
<b>34901A</b> Multiplexor de 20 canales + 2 canales de corriente	Armadura a 2 hilos (seleccionable 4 hilos)	60	300 V	1 A	10 MHz	< 3 $\mu$ V	Unión fría de referencia incorporada con 2 canales de corriente adicionales (22 en total)	21
<b>34902A</b> Multiplexor de 16 canales	Lengüeta a 2 hilos (seleccionable 4 hilos)	250 <sup>[1]</sup>	300 V	50 mA	10 MHz	< 6 $\mu$ V	Unión fría de referencia incorporada	21
<b>34903A</b> Actuador/conm. para uso general de 20 canales	SPDT/Forma C	120	300 V	1 A	10 MHz	< 3 $\mu$ V		23
<b>34904A</b> Matriz 4 x 8	Armadura a 2 hilos	120	300 V	1 A	10 MHz	< 3 $\mu$ V		23
<b>34905A</b> Multiplexor de RF dual de 4 canales y 50 $\Omega$	Común bajo (no terminado)	60	42 V	0,7 A	2 GHz	< 6 $\mu$ V	1 GHz de ancho de banda mediante un cable adaptador de BNC a SMB	24
<b>34906A</b> Multiplexor de RF dual de 4 canales y 75 $\Omega$	Común bajo (no terminado)	60	42 V	0,7 A	2 GHz	< 6 $\mu$ V	1 GHz de ancho de banda mediante un cable adaptador de BNC a SMB	24
<b>34907A</b> Módulo multifunción	2 puertos I/O digitales de 8 bits		42 V	400 mA			Drenaje abierto	25
	Contador de eventos de 26 bits		42 V		100 KHz		Umbral de entrada seleccionable	
	2 salidas analógicas de 16 bits		$\pm 12$ V	10 mA	DC		Salida total máx. de 40 mA por unidad	
<b>34908A</b> Multiplexor single-ended de 40 canales	Armadura a un hilo (común bajo)	60	300 V	1 A	10 MHz	< 3 $\mu$ V	Unión fría de referencia incorporada Sin medidas a 4 hilos	21

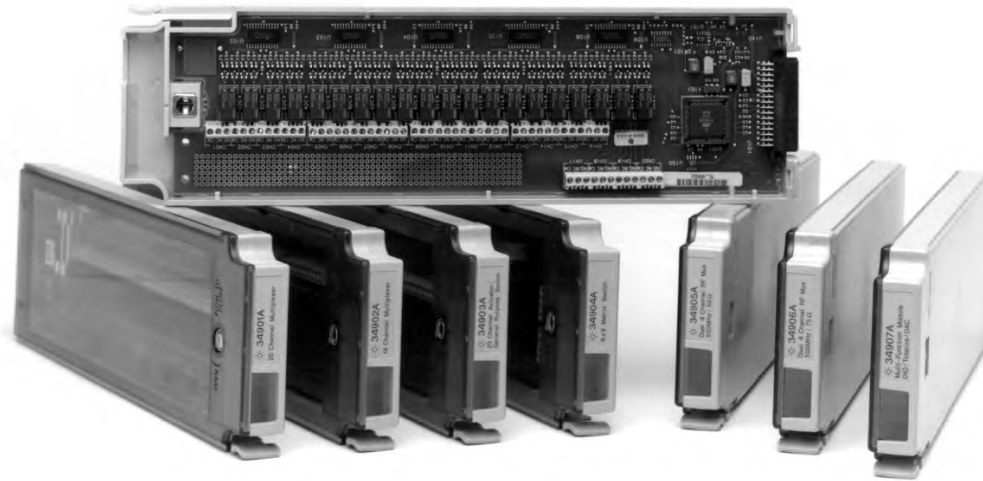
[1] Hasta 250 canales/s a la memoria interna. Consulte las velocidades de barrido para conocer las condiciones y velocidades de medida de cada instrumento.

## Calidad Agilent

Sabemos que usted no puede permitirse tiempos de inactividad por fallos de hardware y mantenimiento no programado en el instrumento. Por eso, nuestros ingenieros diseñaron la 34970A/34972A con la fiabilidad en mente: una carcasa robusta, moderna construcción de montaje total en superficie, cantidad de piezas reducida y comprobación rigurosa y exhaustiva de todos los aspectos del producto.

## Un mantenimiento de relés sin conjeturas

La 34970A/34972A utiliza nuestro sistema propio de mantenimiento de relés para ayudarle a predecir el fin del ciclo de vida de los relés y evitar costosos tiempos de inactividad en la línea de producción. Cuenta automáticamente cada cierre de conmutación individual y lo guarda en la memoria no volátil de cada módulo. Puede consultar el número total de ciclos en cada canal para poder programar el mantenimiento y evitar fallos erráticos por desgaste.





## Guía de interpretación de especificaciones

En las siguientes páginas se enumeran las especificaciones técnicas de la unidad de adquisición de datos/conmutación 34970A/34972A de Agilent y sus módulos. Las explicaciones y ejemplos siguientes resultan útiles para saber interpretar estas especificaciones:

- La precisión de medida se especifica en forma de porcentaje de lectura más porcentaje de rango, donde la lectura será el valor de medida real y el rango será el nombre de la escala (1 V, 10 V, etc.), no el valor máximo en esa escala (1,2 V, 12 V, etc.).
- Las precisiones de medida del multímetro digital incluyen todos los errores de conmutación. Los errores de conmutación también se enumeran por separado en la sección de especificaciones de los módulos. Las precisiones de medida de temperatura incluyen errores de conversión ITS-90. Las precisiones de termopar incluyen también el error de unión de referencia.
- Las precisiones se enumeran en especificaciones a 24 horas, 90 días o un año. Esto se refiere al periodo de tiempo desde la última calibración del instrumento. Utilice la especificación que coincida con su ciclo de calibración. Las especificaciones de 24 horas resultan útiles para determinar el rendimiento relativo a corto plazo.

### Ejemplo 1: precisión de DCV básica

Cálculo de la precisión de la siguiente medida:

9 V DC de entrada

10 V DC de rango

Especificaciones de precisión a un año

Temperatura de funcionamiento normal (18 a 28 °C)

En la página siguiente, la precisión a un año es: 0,0035 % de lectura + 0,0005 % de rango

Lo que se traduce en:

$(0,0035/100 \times 9 \text{ V}) +$

$(0,0005/100 \times 10 \text{ V}) = 365 \text{ } \mu\text{V}$

Para una precisión total de:

**$365 \text{ } \mu\text{V} / 9 \text{ V} = 0,0041 \%$**

### Ejemplo 2: temperatura de funcionamiento extrema

Si la 34970A/34972A se utiliza fuera de su rango de temperatura de entre 18 y 28 °C, deben considerarse errores adicionales de variación de temperatura. Partiremos de las mismas condiciones del ejemplo 1, pero a una temperatura de funcionamiento de 35 °C.

Una vez más, la precisión básica es:

$0,0035 \%$  de lectura +  $0,0005 \%$  de rango =  $365 \text{ } \mu\text{V}$ .

Ahora, multiplicamos el coeficiente de temperatura de 10 V

(en la página siguiente) por el número de grados fuera del rango operativo para añadir el error adicional:

$(0,0005 \%$  de lectura +  $0,0001 \%$  de rango) / °C  $\times (35 \text{ } ^\circ\text{C} - 28 \text{ } ^\circ\text{C}) =$

$(0,0005 \%$  de lectura +  $0,0001 \%$  de rango) / °C  $\times 7 \text{ } ^\circ\text{C} =$

$0,0035 \%$  de lectura +  $0,0007 \%$  de rango =  $385 \text{ } \mu\text{V}$

Así, el error total es:

**$365 \text{ } \mu\text{V} + 385 \text{ } \mu\text{V} = 750 \text{ } \mu\text{V}$  o  $0,008 \%$**

### Ejemplo 3: precisión de medida de termopar

Calcular el error de lectura de termopar total es fácil con la unidad 34970A/34972A: solo hay que añadir la precisión de medida de la lista a la precisión de su transductor. Los errores de conmutación, conversión y unión de referencia ya están incluidos en la especificación de medida.

Para este ejemplo, partiremos de la base de una lectura de entrada de termopar de tipo J de 150 °C.

En la página siguiente, el error total es:

Precisión de la sonda de termopar + 1,0 °C

El fabricante de la sonda especifica una precisión de 1,1 °C o 0,4 %, lo que sea mayor.

Así, el error total es:

**$1,0 \text{ } ^\circ\text{C} + 1,1 \text{ } ^\circ\text{C} = \text{total de } 2,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , o el  $1,4 \%$**

### Ejemplo 4: precisión de ACV

La función de ACV mide el valor de RMS real de la forma de onda de entrada, independientemente de la forma de la onda. Las precisiones enumeradas presuponen una entrada de onda sinusoidal. Para ajustar las precisiones de ondas no sinusoidales, utilice el sumador de factor de cresta de la lista.

Para este ejemplo, asumiremos una entrada de ondas cuadradas de  $\pm 1 \text{ V}$  con un ciclo de trabajo del 50 % y una frecuencia de 1 kHz.

La precisión para una senoide de 1 V y 1 kHz es:

$0,06 \%$  de lectura +  $0,04 \%$  de rango

Una onda cuadrada de ciclo de trabajo del 50 % tiene un factor de cresta de

$\text{Valor pico} / \text{valor RMS} = 1 \text{ V} / 1 \text{ V} = 1$

Tomando como referencia la tabla de factores de cresta, añadimos:

$0,05 \%$  de lectura

La precisión total es:

**$0,11 \%$  de lectura +  $0,04 \%$  de rango =  $1,5 \text{ mV}$  o  $0,15 \%$**

## Especificaciones de precisión del 34970A/34972A ± (% de lectura + % de rango)<sup>[1]</sup>

Incluye error de medida, error del conmutación y error de conversión del transductor

Rango <sup>[3]</sup>		Frecuencia, etc.	24 horas <sup>[2]</sup> 23 °C ±1 °C	90 días 23 °C ±5 °C	Un año 23 °C ±5 °C	Coeficiente de temperatura 0 °C–18 °C, 28 °C–55 °C
<b>Tensión DC</b>						
	100,000 mV		0,0030 + 0,0035	0,0040 + 0,0040	0,0050 + 0,0040	0,0005 + 0,0005
	1,000000 V		0,0020 + 0,0006	0,0030 + 0,0007	0,0040 + 0,0007	0,0005 + 0,0001
	10,00000 V		0,0015 + 0,0004	0,0020 + 0,0005	0,0035 + 0,0005	0,0005 + 0,0001
	100,0000 V		0,0020 + 0,0006	0,0035 + 0,0006	0,0045 + 0,0006	0,0005 + 0,0001
	300,000 V		0,0020 + 0,0020	0,0035 + 0,0030	0,0045 + 0,0030	0,0005 + 0,0003
<b>RMS reales de tensión AC <sup>[4]</sup></b>						
Todos los rangos a partir de 100,0000 mV a 100,0000 V	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,03	1,00 + 0,04	1,00 + 0,04	0,100 + 0,004
	5 Hz-10 Hz		0,35 + 0,03	0,35 + 0,04	0,35 + 0,04	0,035 + 0,004
	10 Hz-20 kHz		0,04 + 0,03	0,05 + 0,04	0,06 + 0,04	0,005 + 0,004
	20 kHz-50 kHz		0,10 + 0,05	0,11 + 0,05	0,12 + 0,05	0,011 + 0,005
	50 kHz-100 kHz		0,55 + 0,08	0,60 + 0,08	0,60 + 0,08	0,060 + 0,008
	100 kHz–300 kHz <sup>[5]</sup>		4,00 + 0,50	4,00 + 0,50	4,00 + 0,50	0,20 + 0,02
300,0000 V	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,05	1,00 + 0,08	1,00 + 0,08	0,100 + 0,008
	5 Hz-10 Hz		0,35 + 0,05	0,35 + 0,08	0,35 + 0,08	0,035 + 0,008
	10 Hz-20 kHz		0,04 + 0,05	0,05 + 0,08	0,06 + 0,08	0,005 + 0,008
	20 kHz-50 kHz		0,10 + 0,10	0,11 + 0,12	0,12 + 0,12	0,011 + 0,012
	50 kHz-100 kHz		0,55 + 0,20	0,60 + 0,20	0,60 + 0,20	0,060 + 0,020
	100 kHz–300 kHz <sup>[5]</sup>		4,00 + 1,25	4,00 + 1,25	4,00 + 1,25	0,20 + 0,05
<b>Resistencia <sup>[6]</sup></b>						
100,0000 Ω	Fuente de corriente de 1 mA		0,0030 + 0,0035	0,008 + 0,004	0,010 + 0,004	0,0006 + 0,0005
	1 mA		0,0020 + 0,0006	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0006 + 0,0001
1,000000 kΩ	100 μA		0,0020 + 0,0005	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0006 + 0,0001
10,00000 kΩ	10 μA		0,0020 + 0,0005	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0006 + 0,0001
1,000000 MΩ	5,0 μA		0,002 + 0,001	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0010 + 0,0002
10,00000 MΩ	500 nA		0,015 + 0,001	0,020 + 0,001	0,040 + 0,001	0,0030 + 0,0004
100,0000 MΩ	500 nA    10 MΩ		0,300 + 0,010	0,800 + 0,010	0,800 + 0,010	0,1500 + 0,0002
<b>Frecuencia y periodo <sup>[7]</sup></b>						
100 mV a 300 V	3 Hz-5 Hz		0,10	0,10	0,10	0,005
	5 Hz-10 Hz		0,05	0,05	0,05	0,005
	10 Hz-40 Hz		0,03	0,03	0,03	0,001
	40 Hz-300 kHz		0,006	0,01	0,01	0,001
<b>Corriente DC (solo 34901A)</b>						
10,00000 mA	< 0,1 V de carga		0,005 + 0,010	0,030 + 0,020	0,050 + 0,020	0,002 + 0,0020
100,0000 mA	< 0,6 V		0,010 + 0,004	0,030 + 0,005	0,050 + 0,005	0,002 + 0,0005
1,000000 A	< 2 V		0,050 + 0,006	0,080 + 0,010	0,100 + 0,010	0,005 + 0,0010
<b>RMS reales de corriente AC (solo 34901A)</b>						
10,00000 mA y <sup>[4]</sup> 1,000000 A	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,04	1,00 + 0,04	1,00 + 0,04	0,100 + 0,006
	5 Hz-10 Hz		0,30 + 0,04	0,30 + 0,04	0,30 + 0,04	0,035 + 0,006
	10 Hz-5 kHz		0,10 + 0,04	0,10 + 0,04	0,10 + 0,04	0,015 + 0,006
100,0000 mA <sup>[8]</sup>	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,5	1,00 + 0,5	1,00 + 0,5	0,100 + 0,06
	5 Hz-10 Hz		0,30 + 0,5	0,30 + 0,5	0,30 + 0,5	0,035 + 0,06
	10 Hz-5 kHz		0,10 + 0,5	0,10 + 0,5	0,10 + 0,5	0,015 + 0,06
<b>Temperatura</b>						
Temperatura	Tipo	Precisión a un año <sup>[9]</sup>	Precisión a un año de rango ampliado <sup>[9]</sup>		Coeficiente de temperatura/°C	
Termopar <sup>[10]</sup>	B	De 1 100 °C a 1 820 °C	1,2 °C	De 400 °C a 1 100 °C	1,8 °C	0,03 °C
	E	De -150 °C a 1 000 °C	1,0 °C	De -200 °C a -150 °C	1,5 °C	
	J	De -150 °C a 1 200 °C	1,0 °C	De -210 °C a -150 °C	1,2 °C	
	K	De -100 °C a 1 200 °C	1,0 °C	De -200 °C a -100 °C	1,5 °C	
	N	De -100 °C a 1 300 °C	1,0 °C	De -200 °C a -100 °C	1,5 °C	
	R	De 300 °C a 1 760 °C	1,2 °C	De -50 °C a 300 °C	1,8 °C	
	S	De 400 °C a 1 760 °C	1,2 °C	De -50 °C a 400 °C	1,8 °C	
	T	De -100 °C a 400 °C	1,0 °C	De -200 °C a -100 °C	1,5 °C	
RTD	R <sub>p</sub> de 49 Ω a 2,1 kΩ	De -200 °C a 600 °C	0,06 °C			0,003 °C
Termistor	2,2 k, 5 k, 10 k	De -80 °C a 150 °C	0,08 °C			0,002 °C

[1] Especificaciones para una hora de calentamiento y 6½ dígitos, filtro de AC lento

[2] Con relación a los estándares de calibración

[3] 20 % por encima del rango en todos los rangos salvo 300 VDC y rangos AC, y 1 ADC y rangos de corriente AC

[4] Para una entrada de onda sinusoidal > 5 % del rango. Para entradas del 1 % a 5 % del rango y de < 50 kHz, añádase un 0,1 % de error adicional de rango

[5] Normalmente, 30 % de error de lectura a 1 MHz, limitado a 1 x 10<sup>5</sup> V Hz

[6] Especificaciones para función de resistencia a 4 hilos o resistencia a 2 hilos usando escalado para eliminar el offset. Sin escalado, añádase un error adicional de 4 Ω en la función de resistencia a 2 hilos

[7] Entrada > 100 mV. Para entradas de 10 mV a 100 mV, multiplíquese el % de error de lectura x 10

[8] Especificado solo para entradas >10 mA

[9] Para la precisión de medida total, añádase el error de la sonda de temperatura

[10] Especificaciones de termopar no garantizadas si está presente el módulo 34970A

## Características de medida <sup>[7]</sup>

### Tensión DC

Método de medida	Integración continua Convertidor A/D Multi-slope III
Linealidad A/D	0,0002 % de lectura + 0,0001 % de rango
Resistencia de entrada	
Rangos de 100 mV, 1 V, 10 V	A elegir, 10 MΩ o > 10 000 MΩ
Rangos de 100 V, 300 V	10 MΩ ±1 %
Corriente de polarización de entrada	< 30 pA a 25 °C
Protección de entrada	300 V en todos los rangos

### RMS reales de tensión AC

Método de medida	RMS reales con acoplamiento AC: mide el componente de AC de la entrada con un máximo de 300 VDC de polarización en cualquier rango	
Factor cresta	Máximo de 5:1 a escala completa	
Errores de factor cresta adicionales (onda no sinusoidal)	Factor cresta 1-2	0,05 % de lectura
	Factor cresta 2-3	0,15 % de lectura
	Factor cresta 3-4	0,30 % de lectura
	Factor cresta 4-5	0,40 % de lectura
Impedancia de entrada	1 MΩ ±2 % en paralelo con 150 pF	
Protección de entrada	300 Vrms en todos los rangos	

### Resistencia

Método de medida	Resistencia a 2 o 4 hilos a elegir Fuente de corriente referenciada a la entrada LO
Compensación de offset	En rangos de 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ a elegir
Resistencia máx. del cableado	10 % del rango por hilo para rangos de 100 Ω y 1 kΩ. 1 kΩ en el resto de rangos
Protección de entrada	300 V en todos los rangos

### Frecuencia y periodo

Método de medida	Sistema de cálculo recíproco
Rangos de tensión	Igual que la función de tensión AC
Intervalo de puerta	1s, 100 ms o 10 ms
Timeout de medida	Límite LF de 3 Hz, 20 Hz, 200 Hz a elegir

### Corriente DC

Resistencia de shunt	5Ω para 10 mA, 100 mA; 0,1 Ω para 1 A
Protección de entrada	Fusible de 1A 250 V en el módulo 34901A

### RMS reales de corriente AC

Método de medida	Acoplamiento directo al fusible y la resistencia de shunt. Medida de RMS reales con acoplamiento AC (mide solo los componentes AC)
Resistencia de shunt	5 Ω para 10 mA; 0,1 Ω para 100 mA, 1 A
Protección de entrada	Fusible de 1 A 250 V en el módulo 34901A

### Termopar

Conversión	Compensación de software ITS-90
Tipo de unión de referencia	Interna, fija o externa
Comprobación de termopar abierto	Seleccionable por canal. Abierto > 5 kΩ

### Termistor

	Series 44004, 44007, 44006
--	----------------------------

### RTD

	α = 0,00385 (DIN) y α = 0,00391
--	---------------------------------

### Rechazo del ruido de medida de 60 (50) Hz <sup>[1]</sup>

Rechazo en modo común (CMRR) de DC	140 dB
Rechazo en modo común (CMRR) de AC	70 dB
<b>Tiempo de integración</b>	<b>Rechazo en modo normal <sup>[2]</sup></b>
200 plc/3,33 s (4 s)	110 dB <sup>[3]</sup>
100 plc/1,67 s (2 s)	105 dB <sup>[3]</sup>
20 plc/333 ms (400 ms)	100 dB <sup>[3]</sup>
10 plc/167 ms (200 ms)	95 dB <sup>[3]</sup>
2 plc/33,3 ms (40 ms)	90 dB
1 plc/16,7 ms (20 ms)	60 dB
< 1 plc	0 dB

## Características de funcionamiento <sup>[4]</sup>

### Velocidades de medida de un canal <sup>[5]</sup>

Función	Resolución <sup>[6]</sup>	34970A/34972A lecturas/s
DCV, resistencia	6½ dígitos (10 plc)	6 (5)
a 2 hilos	5½ dígitos (1 plc)	54 (47)
	4½ dígitos (0,02 plc)	500
Termopar	0,01 °C (10 plc)	6 (5)
	0,1 °C (1 plc)	52 (47)
	(0,02 plc)	280
RTD, termistor	0,01 °C (10 plc)	6 (5)
	0,1 °C (1 plc)	49 (47)
	1 °C (0,02 plc)	200
ACV	6½ lento (3 Hz)	0,14
	6½ medio (20 Hz)	1
	6½ rápido (200 Hz)	8
	6½ <sup>[6]</sup>	100
Frecuencia, periodo	6½ dígitos (1 s puerta)	1
	5½ dígitos (100 ms)	9
	4½ dígitos (10 ms)	70

[1] Para 1 kΩ no balanceado en el cable del LO

[2] Para frecuencia de línea de alimentación ±0,1 %

[3] Para frecuencia de línea de alimentación ±1 %, utilícese 80 dB o ±3 %, utilícese 60 dB

[4] Velocidades de lectura para funcionamiento a 60 Hz y (50 Hz)

[5] Para función fija y rango, lecturas en memoria, escala y alarmas desactivadas, AZERO desactivado, registro de datos USB desactivado

[6] Límite máximo con ajustes de retardos predeterminados de estabilización anulados

[7] Tensión de aislamiento (entre canales, canal-tierra) 300 VDC, RMS AC

[8] 6½ dígitos = 22 bits, 5½ dígitos = 18 bits, 4½ dígitos = 15 bits

## Velocidades de lectura de un canal a interfaz I/O o memoria interna

	34970A		34972A
	a memoria lecturas/s	a GPIB o RS-232 lecturas/s	a LAN, USB o memoria lecturas/s
Lecturas ASCII de un canal	500	440	500
Un canal con escala cambiante (p. ej., MEAS dcV 10/MEAS dcV 1)	25	25	25
Un canal con función cambiante (p. ej., MEAS dcV/MEAS Ohms)	12	12	12

## Velocidades de medida de barrido a interfaz I/O o memoria interna

	34970A		34972A
	a memoria canales/s	a GPIB o RS-232 canales/s	a LAN, USB o memoria canales/s
<b>Barrido de canales DCV o resistencia</b>			
34901A/34908A	60	60	60
34902A	250	210	240
34902A en y desde la memoria (con INIT, FETCh)	—	180	240
34902A con información temporal (con MEAS)	—	150	240
34902A con escala y alarmas	220	190	220
34902A DCV y resistencia en canales alternos	80	80	80
<b>Barrido de canales ACV <sup>(2)</sup></b>			
34901A/34908A	50	50	50
34902A	100	90	100
<b>Temperatura de barrido: canales de TC o termistor</b>			
34901A/34908A	50	50	50
34902A	160	150	150
<b>Barrido de canales de totalizador/entrada digital</b>			
34907A Entrada digital	275	250	275
34907A Totalizador	240	210	240

## Salida de datos de memoria <sup>(3)(4)</sup>

(FETCh de 50 000 lecturas)

	34970A		34972A	
Un canal <sup>(1) [2]</sup>	Sobre GPIB lecturas/s	Sobre RS-232 lecturas/s	Sobre USB lecturas/s	Sobre LAN o memoria lecturas/s
Lecturas	800	600	55 K	120 K
Lecturas con información temporal	450	320	35 K	60 K
Lecturas con todas las opciones de formato ACTIVADAS	310	230	25 K	50 K

[1] Velocidades para 4½ dígitos, retardo 0, display desactivado, registro de datos USB desactivado, puesta a cero automática desactivada, a menos que se indique lo contrario. Para obtener el mejor rendimiento de I/O, utilícese el comando MEAS. RS-232 a 115 Kbaudios.

[2] Máximo, con retardos predeterminados rechazados.

[3] Se asume un formato de tiempo relativo (tiempo desde el inicio del barrido).

[4] Velocidades típicas asumiendo un PC con poca carga y tráfico adicional limitado en las I/O. Velocidades de LAN asumiendo el uso de conexión enchufable; VXI11 será inferior.

[5] Para función fija y rango, lecturas en memoria, escala/alarmas/puesta a cero desactivadas.

## Especificaciones del sistema

<b>Entradas de barrido</b>	
Análogicas	Canales de multiplexores 34901A, 34902A y 34908A
Digitales	34907A: Entradas digitales y totalización
Lista de barrido	Explora canales en orden ascendente
<b>Disparo de barrido</b>	
Fuente	Intervalo, externa, pulsación de botón, software o alarma de canal en monitor
Recuento de barrido	De 1 a 50 000 o continuo
Intervalo de barrido	De 0 a 99 horas; pasos de 1 ms
Retardo de canal	De 0 a 60 segundos por canal, pasos de 1 ms
Retardo de disparo externo	< 300 $\mu$ s. Con monitor activado < 200 ms
Jitter de disparo externo	< 2 ms
<b>Alarmas</b>	
Entradas analógicas	Hi, Lo, o Hi + Lo evaluadas en cada barrido
Entradas digitales	Adaptación a máscara patrón o cambio de estado en entradas digitales del 34907A
	Totalización en 34907A: límite alto sólo
Canal de monitorización	Alarma evaluada en cada lectura
Salidas de alarma	4 compatibles con TTL
	Lógica TTL Hi o Lo a elegir en caso de fallo
Latencia	5 ms (típica)
<b>Memoria</b>	
Batería	34970A, 4 años de duración típica <sup>[1]</sup> , 34972A Batería sustituible por el usuario
	Sustitución recomendada una vez al año durante CAL
Lecturas	50 000 lecturas internas con información temporal
	Legibles durante el barrido
Estados	Cinco estados de instrumento con etiqueta de usuario
Cola de alarmas	Hasta 20 eventos con número de canal, lectura e información temporal
Unidad USB Flash	Soporte para formatos FAT o FAT 32
<b>Características del sistema</b>	
Funciones matemáticas por canal	Escalado Mx + B individual y mín./máx./promedio calculados en tiempo real
Recuperación en caso de fallo de alimentación	Reanudación automática del barrido
Mantenimiento de relés	Recuento de cada cierre de relé y almacenamiento en módulo, reiniciable por el usuario
Reloj de tiempo real	Respaldo por batería, 4 años de duración típica <sup>[1]</sup>
<b>Especificaciones generales</b>	
Fuente de alimentación	100 V/120 V/220 V/240 V $\pm$ 10 %
Frecuencia de línea de alimentación	45 Hz a 66 Hz con detección automática
Consumo de energía	12 W (25 VA pico)
Temperatura de funcionamiento	Precisión completa de 0 a 55 °C
	Precisión completa con 80 % de humedad relativa a 40 °C
Temperatura de almacenamiento	De -40 a 70 °C <sup>[1]</sup>
Peso	Neto: 3,6 kg
Seguridad	Conformidad con CSA, UL-1244, IEC 1010 Cat. I
RFI y ESD	CISPR 11, IEC 801/2/3/4

[1] El almacenamiento a temperaturas superiores a 40 °C reducirá la duración de la batería

[2] Software suministrado en CD-ROM

[3] La interfaz y el driver se deben adquirir e instalar por separado

[4] Requiere la biblioteca de comandos VISA para IEEE-488

## Software

### Agilent 34825A BenchLink Data Logger 3

(incluido con el multímetro digital opcional)

#### Requisitos del sistema <sup>[2]</sup>

Sistema operativo	Windows Vista®, XP SP2, 2000 SP4 (sin soporte para ediciones Home), Adobe® Acrobat® Reader V5.0 o superior (para ver la documentación)
	Microsoft Internet Explorer V6.0 o superior (necesario si se utiliza Windows NT)
Controlador	Pentium® 4 a 800 MHz o superior recomendado, mín. Pentium III a 500 MHz
RAM	256 MB o superior recomendada, mín. 128 MB
Espacio en disco	200 MB recomendados, mín. 100 MB
Pantalla	Resolución de 1 024 x 768 recomendada, 256 colores

#### Interfaces de ordenador <sup>[3]</sup>

<b>34970A</b>	
GPIB	Agilent y National Instruments PCI-GPIB
RS-232 (puerto serie)	PC COM 1-4
<b>34972A</b>	
LAN	10/100/1000 BaseT
USB	USB 2.0

#### Características del Agilent BenchLink

Configuración	Página de configuración de canal similar a una hoja de cálculo
	Carga y descarga de configuraciones de instrumento
	Canales calculados con $\pm$ %, dB, dBm, dBV, x <sup>2</sup> , $\sqrt{x}$ y completo, galga extensiométrica de ½, o ¼ de puente
Pantallas gráficas	Visualización de datos en tiempo real e históricos
	Agregar, eliminar, tamaño y configuración en tiempo real
	Gráfico de banda continua con marcadores e indicación de alarma, gráficos de barras y dispersión, histogramas con estadísticas, medidor de barras y tabla de datos
Controles gráficos	Controles deslizantes, conmutadores, botones y luces LED
Comprobación de límite/alarma	Inicio/parada de barrido según la condición de alarma
	Control del estado de relé del 34903A o salida digital del 34907A cuando se da la alarma
Datos	Transmitidos (almacenados) en tiempo real a disco
	Exportación automática de datos y configuraciones
	Copia de datos o gráficos en el portapapeles de Windows
	Exportación de los datos seleccionados en formatos .CSV, .XML o .TXT
Registro de eventos	Entrada automática de alarmas y errores

#### Soporte de drivers de instrumentos para lenguajes de programación

Drivers IVI-C o IVI-COM	Compatible con Windows 7, Vista SP1, XP SP2 (32 bits) IO Libraries 14.1 o superiores
	Compatible con Agilent VEE, Visual Basic, C/C#, Visual Studio, National Instruments LabWindows CVI y LabVIEW
Driver para LabVIEW (VI) driver	LabVIEW 7.0 o superior
	800 MHz o superior recomendado, mínimo 600 MHz.

## Especificaciones de los módulos

Las especificaciones de precisión de la unidad 34970A/34972A de Agilent ya incluyen los errores de unión de referencia y offset de conmutación que aparecen más abajo. Estos errores se enumeran por separado para determinar el error del sistema con dispositivos de medida externos.

Es posible insertar un máximo de 3 módulos, en cualquier combinación, en un único mainframe. Las conexiones del

multímetro digital interno de la unidad 34970A/34972A solo están accesibles a través de los multiplexores de baja frecuencia 34901A, 34902A y 34908A.

Los terminales atornillados del módulo aceptan tamaños de cable de calibre 16 a 22. Se recomienda el cable de calibre 20 para aplicaciones con un alto número de canales. Los multiplexores de RF 34905A y 34906A utilizan conectores SMB. Con cada módulo de RF se suministra un juego estándar de (10) cables adaptadores de BNC a SMB para facilitar las conexiones BNC.

		Multiplexor			Actuador	Matriz	Multiplexor de RF		Multifunción
		34901A	34902A <sup>[1]</sup>	34908A	34903A	34904A	34905A	34906A	34907A
General									
Número de canales		20 + 2 2/4 hilos	16 2/4 hilos	40 1 hilo	20 SPDT	4 x 8 2 hilos	Dual 1 x 4 50 Ω    75 Ω		Para conocer las especificaciones del módulo, consulte la página 25
Se conecta al multímetro digital interno		●	●	●					
Velocidad de barrido		60 canales/s	250 canales/s <sup>[1]</sup>	60 canales/s					
Velocidad de apertura/cierre		120/s	120/s	70/s	120/s	120/s	60/s		
Entrada									
Tensión (DC, RMS AC) <sup>[2]</sup>		300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	42 V		
Corriente (DC, RMS AC)		1 A	50 mA	1 A	1 A	1 A	0,7 A		
Potencia (W, VA)		50 W	2 W	50 W	50 W	50 W	20 W		
Características de DC									
Tensión de offset <sup>[3]</sup>		< 3 uV	< 6 uV	< 3 uV	< 3 uV	< 3 uV	< 6 uV		
Canal R inicialmente cerrado <sup>[3]</sup>		< 1 Ω	< 1 Ω	< 1 Ω	< 0,2 Ω	< 1 Ω	< 0,5 Ω		
Aislamiento entre canales, canal-tierra		> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 1 GΩ		
Características de AC									
Ancho de banda <sup>[4]</sup>		10 MHz	10 MHz	10 MHz	10 MHz	10 MHz	2 GHz <sup>[5]</sup>	2 GHz <sup>[5]</sup>	
Pérdidas de inserción (dB)	10 MHz	—	—	—	—	—	-0,1	-0,1	
	100 MHz	—	—	—	—	—	-0,4	-0,4	
	500 MHz	—	—	—	—	—	-0,6	-0,5	
	1 GHz	—	—	—	—	—	-1	-1	
	1,5 GHz	—	—	—	—	—	-1,2	-1,5	
	2 GHz	—	—	—	—	—	-3	-2	
ROE	0-9,99 MHz	—	—	—	—	—	1,02	1,02	
	10-99,99 MHz	—	—	—	—	—	1,05	1,05	
	100-499,99 MHz	—	—	—	—	—	1,20	1,25	
	500-999,99 MHz	—	—	—	—	—	1,20	1,40	
	1-1,499 GHz	—	—	—	—	—	1,30	1,40	
	1,5-2 GHz	—	—	—	—	—	1,40	2,00	
Crosstalk entre canales (dB) <sup>[4]</sup>	10 MHz	-45	-45	-18 <sup>[6]</sup>	-45	-33	-100	-85	
	100 MHz	—	—	—	—	—	-85	-75	
	500 MHz	—	—	—	—	—	-65	-65	
	1 GHz	—	—	—	—	—	-55	-50	
	1,5 GHz	—	—	—	—	—	-45	-40	
	2 GHz	—	—	—	—	—	-35	-35	
Tiempo de subida								< 300 ps	
Retardo de señal								< 3 ns	
Capacitancia	HI - LO	< 50 pF	< 50 pF	< 50 pF	< 10 pF	< 50 pF	< 20 pF		
	LO - Tierra	< 80 pF	< 80 pF	< 80 pF	< 80 pF	< 80 pF	—		
Límite voltio-hertzio		10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>10</sup>		
Otros									
Precisión de unión fría de termopar <sup>[3]</sup>		(típica)	0,8 °C	0,8 °C	0,8 °C <sup>[8]</sup>				
Duración de conmutador	Sin carga (típica)	100 M	100 M	100 M	100 M	100 M	5 M	5 M	
	Carga nominal (típica) <sup>[7]</sup>	100 k	100 k	100 k	100 k	100 k	100 k	100 k	
Temperatura	De funcionamiento	Todas las tarjetas — De 0 a 55 °C							
	De almacenamiento	Todas las tarjetas — De -20 a 70 °C							
Humedad	(sin condensación)	Todas las tarjetas — 40 °C al 80 % de humedad relativa							

[1] No recomendado para la conexión a una línea AC sin supresión de transitorios externa. Hasta 250 canales/s a la memoria interna. Consulte las velocidades de barrido para conocer las condiciones y velocidades de medida de cada instrumento.  
[2] Entre canales o canal a tierra

[3] Errores incluidos en las especificaciones de precisión de medida del multímetro digital  
[4] Fuente de 50 Ω, carga de 50 Ω  
[5] Especificación de ancho de banda directo a conectores SMB en tarjeta de multiplexor de RF  
[6] El aislamiento en los canales 1 a 20 o bancos 21 a 40 es de -40 dB  
[7] Se aplica únicamente a cargas resistivas  
[8] Medidas de termopar no recomendadas con el módulo 34908A debido a la configuración Común bajo

Guía de selección de multiplexores

Elija entre la amplia funcionalidad del 34901A, la alta velocidad de barrido del 34902A o la densidad tipo single-ended del 34908A. Estos 3 módulos son la única forma de conexión al multímetro digital interno de la unidad 34970A/34972A. También pueden utilizarse para barridos con instrumentos externos.

Todos los módulos de multiplexor abren los relés antes de comenzar un barrido, para así garantizar que solo haya un canal (o par de canales) cerrado cada vez. Los módulos 34901A y 34902A admiten múltiples cierres de canal si no están configurados para el barrido.

El 34908A no admite múltiples cierres de canal en ningún momento.

34901A
Multiplexor para uso general de 20 canales

- Barrido de 60 canales/s
- Barrido a 2 y 4 hilos
- Unión de referencia de termopar incorporada
- Conmutación de 300 V

El multiplexor 34901A de Agilent es el aparato más versátil para barridos generales. Combina una densa conmutación multifunción con velocidades de barrido de 60 canales/segundo para responder a una amplia gama de aplicaciones de adquisición de datos.

En el mismo módulo pueden mezclarse canales a 2 y 4 hilos. Dos entradas con fusible adicionales (22 canales en total) enrutan hasta 1 A de corriente hacia el multímetro digital interno, permitiendo corrientes AC y DC sin tener que usar resistencias shunt externas.

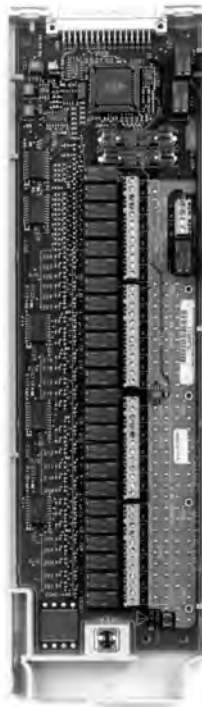
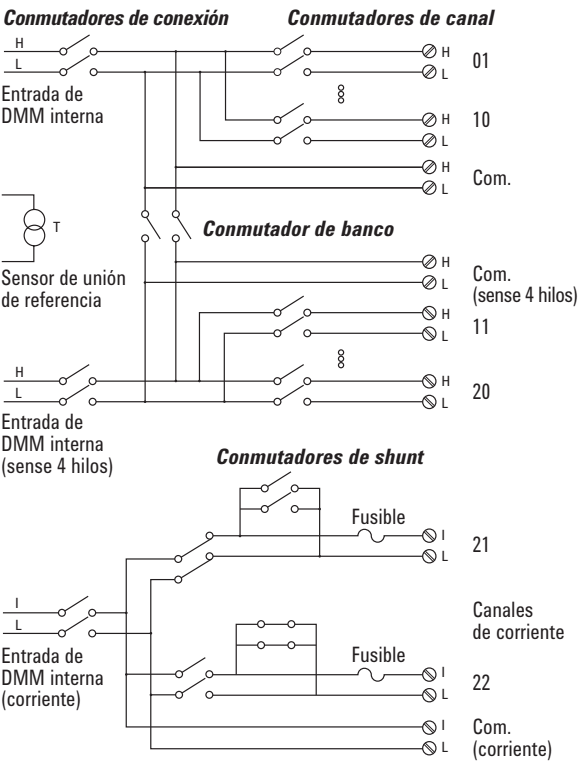


Table with 4 columns: Feature, 34901A, 34902A, 34908A. Rows include: Número de canales, Velocidad de barrido máx., Número de contactos, Temperatura (Termopar, RTD a 2 hilos, RTD a 4 hilos, Termistor), Tensión DC, Tensión AC, Resistencia a 2 hilos, Resistencia a 4 hilos, Frecuencia, Periodo, Corriente DC, Corriente AC.





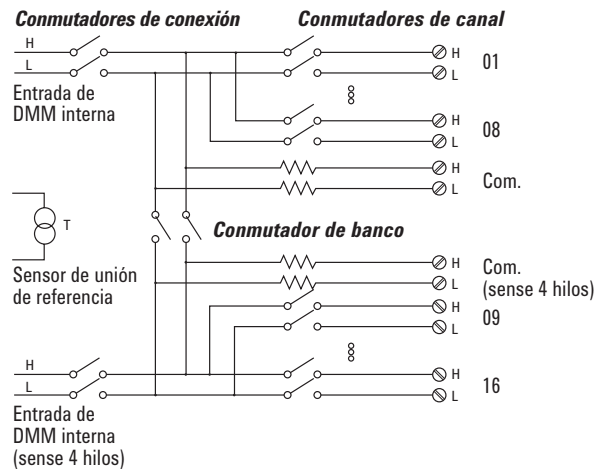
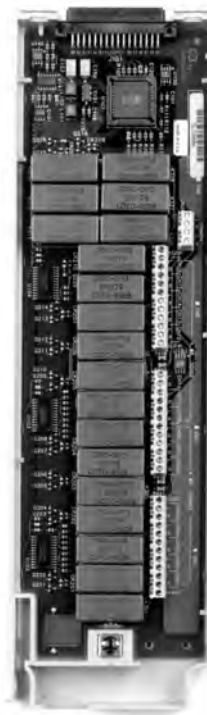
## 34902A

### Multiplexor de alta velocidad de 16 canales

- Barrido de hasta 250 canales/s
- Barrido a 2 y 4 hilos
- Unión de referencia de termopar incorporada

El 34902A de Agilent utiliza relés de láminas para conseguir velocidades de barrido de hasta 250 canales por segundo. Utilice este módulo para aplicaciones de prueba automatizadas de alto rendimiento, así como para registro de datos de alta velocidad y tareas de monitorización.

16 entradas a 2 hilos se conmutan hasta 300 V. Los canales a 2 y 4 hilos se pueden mezclar en el mismo módulo. Para medir corrientes se necesitan resistencias shunt suministradas por el usuario.



*Nota: No recomendado para la conexión a una línea AC sin supresión de transitorios externa.*

## 34908A

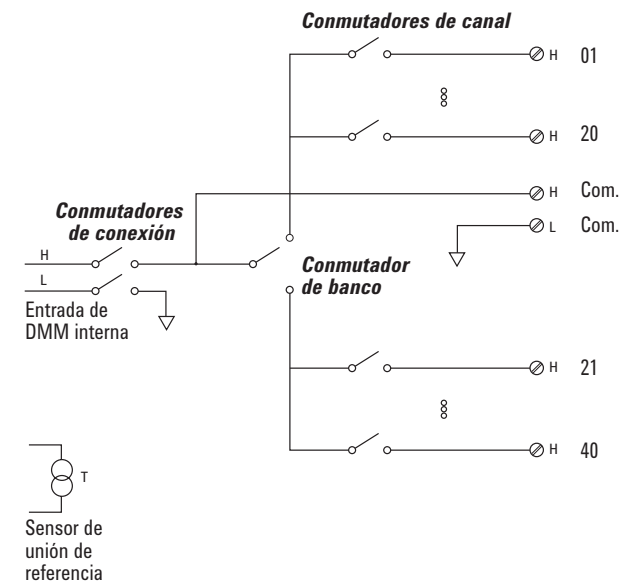
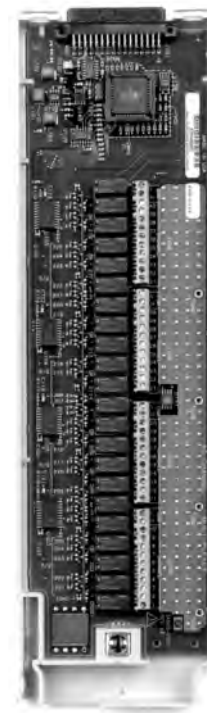
### Multiplexor single-ended de 40 canales

Barrido de 60 canales/s

- Conmutación de un solo hilo para aplicaciones de común bajo
- Unión de referencia de termopar incorporada

Utilice el 34908A de Agilent para obtener la mayor densidad en aplicaciones de común bajo, como pruebas de batería, caracterización de componentes y pruebas para banco de trabajo.

Cada módulo conmuta 40 entradas de un hilo. Se admiten todas las medidas internas a 2 hilos, excepto la de corriente. La conexión baja del módulo está aislada de tierra y puede flotar hasta 300 V.



*Nota: Los termopares deben estar aislados eléctricamente entre sí para evitar bucles de corriente y los correspondientes errores de medida.*

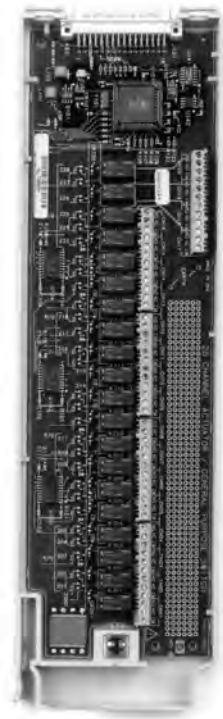
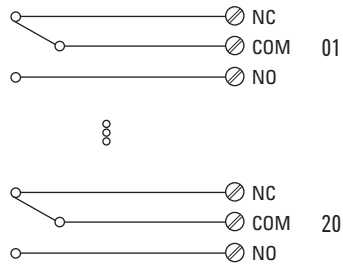


## 34903A

### Actuador/conmutador para uso general de 20 canales

- Relés de enganche SPDT (forma C)
- 300 V, actuación y control de 1 A

Este módulo de conmutación para uso general tiene 20 relés independientes monopolares y de doble puerto (SPDT). Utilícelo para realizar ciclos de alimentación en los dispositivos sometidos a prueba (DUT), indicadores de control y luces de estado, y para actuar relés de potencia externos y solenoides. Combínelo con módulos matriciales y multiplexores para construir sistemas de conmutación personalizados. Sus contactos de 300 V y 1 A pueden gestionar hasta 50 W, lo suficiente para muchas aplicaciones de conmutación de líneas de alimentación.



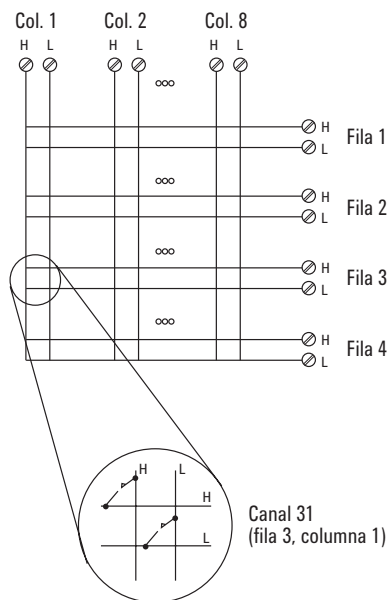
## 34904A

### Conmutador matricial 4x8 a 2 hilos

- 32 puntos de cruce a 2 hilos
- Conmutación de 300 V y 1 A

El módulo 34904A de Agilent ofrece la ruta de conexión más flexible entre el DUT y el equipo de pruebas, permitiendo conectar distintos instrumentos en múltiples puntos del DUT al mismo tiempo.

Es posible conectar filas o columnas entre distintos módulos para formar matrices de 8x8, 4x16 o aún mayores, con un máximo de 96 puntos de cruce en una única trama.



## 34905A 50 $\Omega$

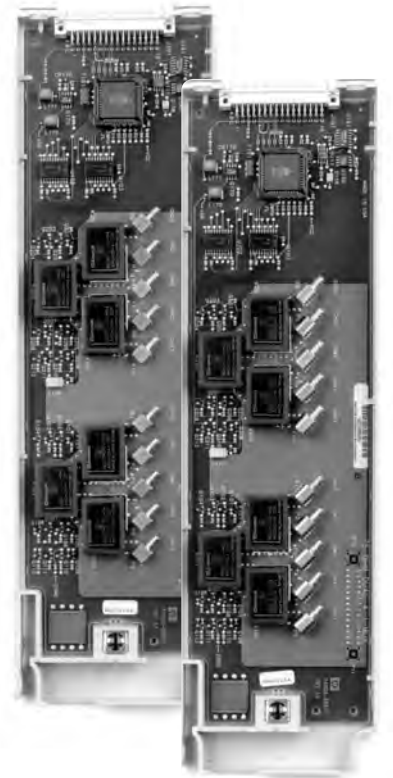
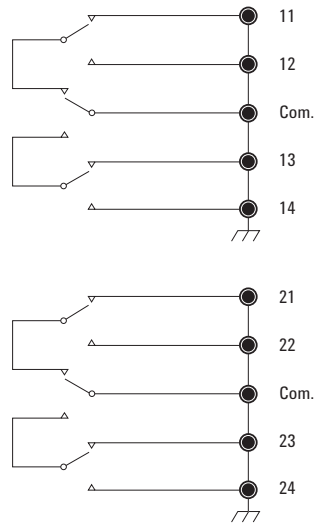
## 34906A 75 $\Omega$

### Multiplexores de RF de 4 canales dobles

- Ancho de banda de 2 GHz
- Cables adaptadores de BNC a SMB incluidos

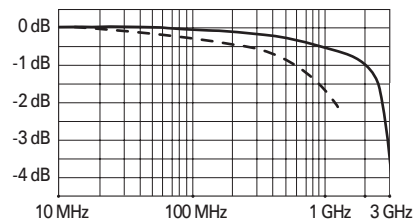
Los multiplexores de RF 34905A y 34906A de Agilent ofrecen capacidades de conmutación de banda ancha para señales pulsadas y de alta frecuencia. Utilícelos para enrutar señales de prueba entre el DUT y el generador de señales, osciloscopio, analizador de espectro u otro instrumento.

Los multiplexores de RF se organizan en forma de 2 multiplexores 1x4 independientes, cada uno con una protección común y un conductor central conmutado. Las conexiones se pueden realizar directamente a las entradas SMB con ancho de banda útil de 2 GHz o a los adaptadores de BNC a SMB suministrados con un ancho de banda de 1 GHz. Para aplicaciones que necesiten topologías aún mayores, es posible agrupar múltiples bancos en cascada, creando un multiplexor 16:1 en una sola unidad.

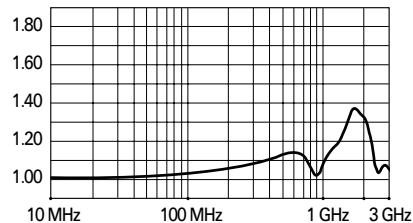


### Gráficos de rendimiento AC típicos de un multiplexor de 50 $\Omega$

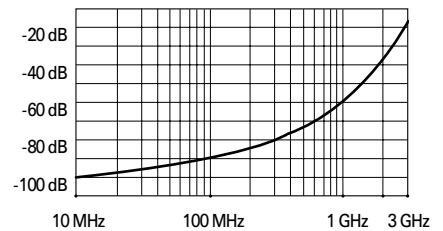
Pérdidas de inserción



ROE

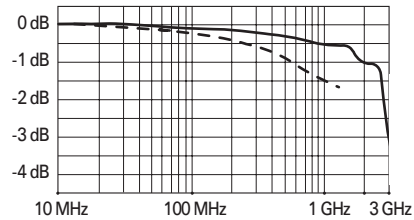


Crosstalk

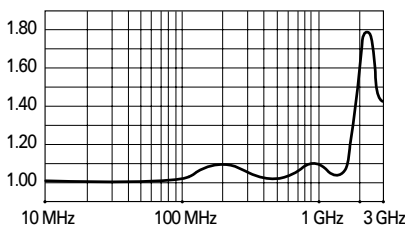


### Gráficos de rendimiento AC típicos de un multiplexor de 75 $\Omega$

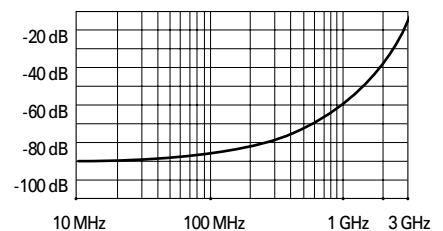
Pérdidas de inserción



ROE



Crosstalk



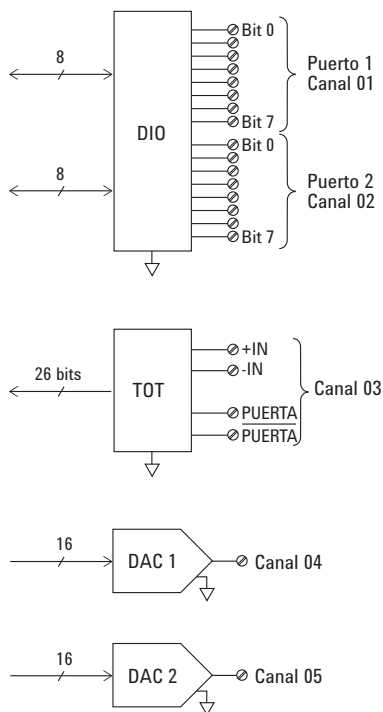
- Directamente a la tarjeta  
- - - Usando los cables adaptadores suministrados

## 34907A

### Módulo multifunción

- 16 bits de entrada y salida digital
- Entrada de totalizador de 100 kHz
- Dos salidas analógicas de  $\pm 12$  V

El módulo 34907A de Agilent admite una gran flexibilidad para diversas aplicaciones de detección y control. Combina 2 puertos de 8 bits de entrada y salida digitales, un totalizador controlado de 100 kHz y 2 salidas analógicas de  $\pm 12$  V, todo ello en un único módulo con referencia a tierra. Las entradas digitales y la entrada de totalizador pueden incluirse en un barrido. Los límites de alarma de las entradas digitales y del contador de eventos se evalúan de forma continua, capturando y registrando las condiciones de alarma incluso entre barridos.



## Entrada/salida digital

Utilice las salidas digitales con una fuente de alimentación externa para controlar atenuadores y conmutadores de microondas, solenoides, relés de potencia, indicadores y mucho más. Utilice las entradas digitales para detectar la conmutación de límite y el estado de bus digital. No hay complejos modos de handshake; las lecturas y escrituras se inician desde el panel frontal o el bus.

Puerto 1, 2	8 bits, entrada o salida, sin aislamiento
Vin(L)	< 0,8 V (TTL)
Vin(H)	> 2,0 V (TTL)
Vout(L)	< 0,8 V @ Iout = -400 mA
Vout(H)	> 2,4 V @ Iout = 1 mA
Vin(H) máx	< 42 V con polarización de drenaje abierto externa
Alarma	Adaptación a máscara patrón o cambio de estado
Velocidad	4 ms (máx.) de muestreo de alarma
Latencia	5 ms (típica) para salida de alarma de 34907A
Velocidad de lectura/escritura	95/s

## Entrada de totalización

Recuento de eventos desde dispositivos como fotointerruptores, conmutadores de límite y sensores de efecto Hall.

Mantiene un total actualizado que se puede leer a través del panel frontal o de forma programática en cualquier momento. Con 26 bits de resolución, puede contar eventos a toda velocidad durante casi 11 minutos sin desbordamiento.

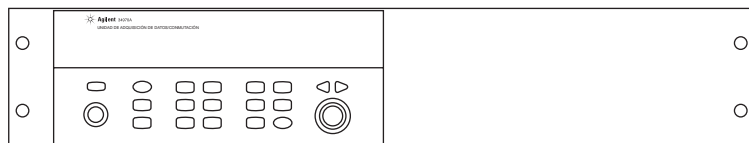
Recuento máx.	$2^{26} - 1$
Entrada de totalización	Flanco creciente o de bajada de 100 kHz (máx.), programable
Nivel de señal	1 Vp-p (mín.) 42 Vpk (máx.)
Umbral	0 V o TTL, jumper a elegir
Entrada de puerta	TTL-Hi, TTL-Lo, o ninguna
Reinicio de recuento	Manual o lectura + reinicio
Velocidad de lectura	85/s

## Salida analógica

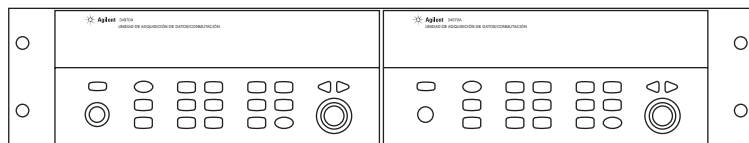
Utilice las 2 salidas analógicas calibradas electrónicamente como fuente de tensiones de polarización en el DUT, para controlar las fuentes de alimentación analógicas programables o utilice las salidas como puntos de referencia para los sistemas de control. Las salidas se programan directamente en voltios, ya sea desde el panel frontal o desde el bus.

DAC 1, 2	$\pm 12$ V, sin aislamiento
Resolución	1 mV
IOUT	10 mA máx.
Tiempo de estabilización	1 ms para 0,01 % de salida
Precisión	$\pm$ (% de salida + mV)
1 año $\pm 5$ °C	0,25 % + 20 mV
Coefficiente de temperatura	$\pm$ (0,015 % + 1 mV)/°C

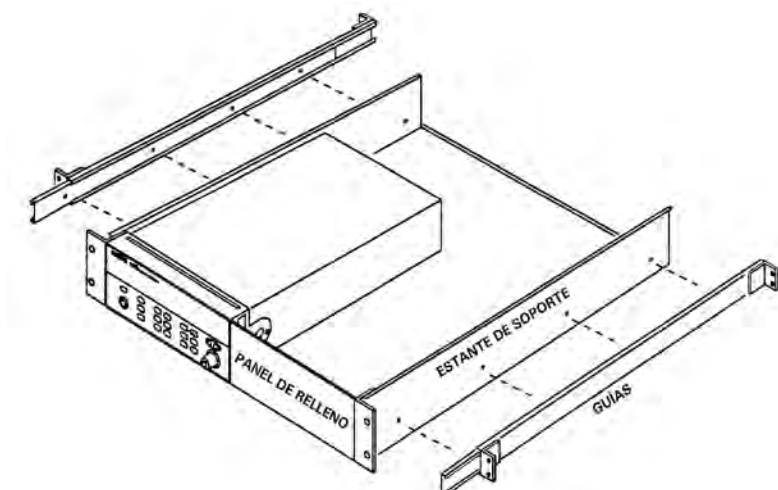
## Montaje en rack y dimensiones



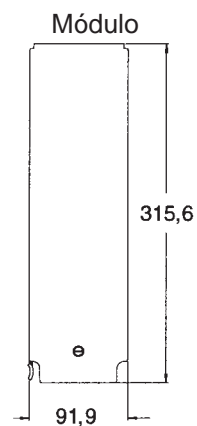
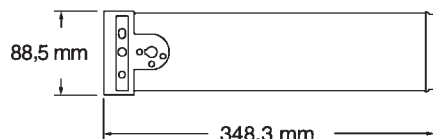
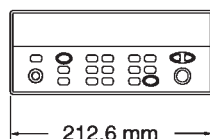
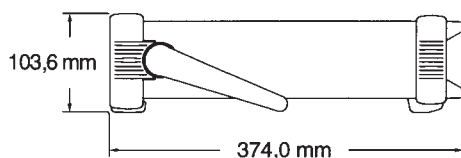
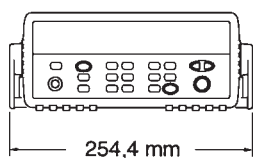
Para montaje en rack de un solo instrumento, solicite el kit de adaptador 5063-9240 (opción 1CM).



Para montar en rack 2 instrumentos juntos, solicite el kit de fijación 5061-9694 y el kit de bridas 5063-9212.



Para instalar 1 o 2 instrumentos en una balda deslizante, solicite la balda 5063-9255 y el kit deslizante 1494-0015 (para un instrumento independiente, solicite también el panel de relleno 5002-3999).



## Información para pedidos

### Mainframe

**34970A** Unidad de adquisición de datos/conmutación con RS-232 y GPIB

**34972A** Unidad de adquisición de datos/conmutación con LAN y USB

Los 2 mainframes incluyen multímetro digital interno de 6½ dígitos, manual de funcionamiento y de servicio (en CD-ROM), informe de pruebas, cable de alimentación eléctrica y paquete de inicio rápido (incluye el software Agilent BenchLink Data Logger 3, termopar y destornillador). Los módulos son necesarios para el funcionamiento y se adquieren por separado.

**Opción 001** Sin multímetro digital interno  
Igual que el anterior, pero sin multímetro digital ni paquete de inicio rápido. Solicite la ref. 34970-80010 para ampliar con un multímetro digital más adelante.

**Opción 1CM** Kit para montaje en rack  
**Opción A6J** Calibración compatible con ANSI Z540  
**Opción 0B0** Sin juego de manuales  
**Opción AB0** Taiwán: manual en chino  
**Opción AB1** Corea: manual en coreano  
**Opción AB2** China: manual en chino  
**Opción ABA** Inglés: manual en inglés  
**Opción ABD** Alemania: manual en alemán  
**Opción ABE** España: manual en español  
**Opción ABF** Francia: manual en francés  
**Opción ABJ** Japón: manual en japonés  
**Opción ABZ** Italia: manual en italiano

### Módulos

**34901A** Multiplexor de armadura de 20 canales  
**34902A** Multiplexor de lengüeta 16 canales  
**34903A** Actuador/conmutador para uso general de 20 canales  
**34904A** Conmutador matricial 4x8 de 2 hilos  
**34905A** Multiplexor de RF de 4 canales doble, 50  $\Omega$   
**34906A** Multiplexor de RF de 4 canales doble, 75  $\Omega$   
**34907A** Módulo multifunción  
**34908A** Multiplexor single-ended de 40 canales

### Accesorios

**34830A** Paquete de software BenchLink Data Logger Pro opcional que añade funciones de comprobación de límites y toma de decisiones para aplicaciones más complejas.  
**34307A** Termopares de tipo J en paquetes de 10 unidades  
**34308A** Termistores de 10 k $\Omega$  en paquetes de 5 unidades  
**34161A** Bolsa para accesorios  
**34131A** Estuche de transporte rígido  
**E5810A** Gateway LAN/GPIB para uso con 34970A  
**82357B** Convertidor USB/GPIB para uso con 34970A  
**34970-80010** Kit de instalación de multímetro digital. Totalmente calibrado con informe de pruebas y kit de inicio rápido  
**34905-60001** Kit de 10 cables adaptadores de SMB a BNC, 50  $\Omega$   
**34906-60001** Kit de 10 cables adaptadores de SMB a BNC, 75  $\Omega$

Adaptadores USB: si necesita llevar el puerto de memoria USB hasta el panel frontal, considere el uso de un adaptador USB, como el modelo **USBAM-USBAM de VPI** o el modelo **ECF504-UABS de L-COM**.

## Documentación relacionada

	Número de publicación
<i>Agilent 34830A BenchLink Data Logger Pro Software for 34970A</i>	5989-7622EN
<i>Practical Temperature Measurements, nota de aplicación</i>	5965-7822EN
<i>Agilent 34980A Multifunction Switch/Measure, hoja de datos</i>	5989-1437EN
<i>Making High Accuracy Temperature Measurements with the 34970A</i>	5988-8152EN

Para localizar más notas de aplicación y demostraciones de productos, consulte las siguientes páginas web:

[www.agilent.com/find/34972A](http://www.agilent.com/find/34972A)

[www.agilent.com/find/34970A](http://www.agilent.com/find/34970A)

## Despeje todas sus dudas

Nuestros servicios de reparación y calibración le devolverán su equipo funcionando como si fuera nuevo, en los plazos acordados. Podrá sacar el máximo partido de sus equipos Agilent a lo largo de toda su vida útil. Sus equipos serán reparados por técnicos formados por Agilent que utilizan los procedimientos de calibración de fábrica más avanzados, diagnósticos automáticos de reparación y piezas originales. Podrá depositar toda su confianza en las medidas que obtenga en cualquier momento.

Agilent ofrece una amplia gama de servicios adicionales especializados de medida y prueba para sus equipos, como asistencia inicial durante la puesta en marcha, educación y formación in situ, diseño, integración de sistemas y administración de proyectos.

Si desea más información sobre los servicios de reparación y calibración, visite:

**[www.agilent.com/find/removealldoubt](http://www.agilent.com/find/removealldoubt)**



### Agilent Email Updates

**[www.agilent.com/find/emailupdates](http://www.agilent.com/find/emailupdates)**

Reciba la información más reciente sobre los productos y aplicaciones que seleccione.



**[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)**

LXI es el sucesor basado en LAN de GPIB y proporciona una conectividad más rápida y eficiente. Agilent es miembro fundador del consorcio LXI.

## Distribuidores de Agilent

**[www.agilent.com/find/channelpartners](http://www.agilent.com/find/channelpartners)**

Consiga lo mejor de ambos mundos: la experiencia y variedad de productos de medida de Agilent junto con la comodidad que le brindan sus distribuidores.

*Windows, MS Windows, Windows Vista y Windows NT son marcas comerciales de Microsoft Corporation registradas en EE. UU. Microsoft es una marca comercial de Microsoft Corporation registrada en EE. UU.*

*Adobe, el logotipo de Adobe, Acrobat y el logotipo de Acrobat son marcas comerciales de Adobe Systems Incorporated.*

*Pentium es una marca comercial de Intel Corporation en los EE. UU. y otros países.*

*LabView es una marca comercial registrada de National Instruments.*

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

[www.agilent.com/find/34970A](http://www.agilent.com/find/34970A)

[www.agilent.com/find/34972A](http://www.agilent.com/find/34972A)

Para obtener más información sobre los productos, aplicaciones o servicios de Agilent Technologies, póngase en contacto con su oficina local de Agilent. La lista completa se puede encontrar en:

**[www.agilent.com/find/contactus](http://www.agilent.com/find/contactus)**

### América

América Latina	305 269 7500
Canadá	(877) 894-4414
Estados Unidos	(800) 829-4444

### Asia Pacífico

Australia	1 800 629 485
China	800 810 0189
Corea	080 769 0800
Hong Kong	800 938 693
India	1 800 112 929
Japón	0120 (421) 345
Malasia	1 800 888 848
Singapur	1 800 375 8100
Tailandia	1 800 226 008
Taiwán	0800 047 866

### Europa y Oriente Próximo

Alemania	49 (0) 7031 464 6333
Austria	43 (0) 1 360 277 1571
Bélgica	32 (0) 2 404 93 40
Dinamarca	45 70 13 15 15
España	34 (91) 631 3300
Finlandia	358 (0) 10 855 2100
Francia	0825 010 700*

\*0,125 €, tarifas de red fija

Irlanda	1890 924 204
Israel	972-3-9288-504/544
Italia	39 02 92 60 8484
Países Bajos	31 (0) 20 547 2111
Reino Unido	44 (0) 118 9276201
Suecia	0200-88 22 55
Suiza	0800 80 53 53

Otros países europeos:

**[www.agilent.com/find/contactus](http://www.agilent.com/find/contactus)**

Revisión: 1 de octubre de 2009

Especificaciones y descripciones de productos que aparecen en este documento sujetas a cambios sin previo aviso.

© Agilent Technologies, Inc.

1998, 2000, 2004, 2005, 2010

Impreso en Estados Unidos, March 8, 2010

5965-5290ESE



**Agilent Technologies**

***Annex II: Thermostatic bath datasheet***

## 7 Liter Refrigerated Circulator, -40°C



PD07R-40

### Key Specifications

Description	-40, 7 L Ref. Circulator
Controller Type	Performance Digital
Display	4.3" SmartTouch Touchscreen
Connectivity	Ethernet, USB A & B, RS232/addressable RS485, Remote On/Off, External Temperature Probe
Languages Supported	11: French, German, Spanish, Chinese, Portuguese, Russian, Hindi, Arabic, Italian, Korean, English
Swivel 180 Rotating Controller	Yes
Working Temperature Range °C	-40° to 200°
Temperature Stability °C	±0.005°
Fluid Optimization/Specific Heat Tuning	Automatic and/or user-adjustable
Temperature Calibration Capability	10-point
Working Access (L x W x D) (cm)	15.7 x 14.2 x 12.7 cm
Pump Type	Pressure/Suction



External Temperature Control Capability	Yes
Flammability Class (DIN 12876-1)	III (FL)
Electrical Plug Options	Part numbers listed are Standard U.S. and European types. <a href="#">Country specific plug types available</a> . Contact your <a href="#">regional distributor to order</a> .

## Key Features

### Performance Digital Controller

#### Key Features

- Intuitive 4.3" (10.9 cm) SmartTouch display
- 11 languages: French, German, Spanish, Chinese, Portuguese, Russian, Hindi, Arabic, Italian, Korean, English
- Variable speed pump with open- and closed-loop external circulation capability
- Swivel 180™ Rotating Controller
- On-board connectivity: USB-A & B, Ethernet, RS-232/RS-485, remote on/off and external temperature probe
- Event scheduling (time & date) with real-time clock
- Review temperature trends for up to 10 days
- Multiple selectable "home" screens
- On-screen help
- Automatic and/or user-adjustable performance optimization
- 10-point calibration capability
- Includes Enhanced Performance Hardware & Software Package (Pt100 temperature probe, USB flash drive for data logging, stainless steel fittings and tubing adapters, PolyScience LabVIEW™ Virtual Instrument, iPhone® application download)

## Common Specifications

Working Temperature Range °F	-40° to 392°
Working Temperature Range °C	-40° to 200°
Nominal Cooling Capacity @ +20C (W)	360
Reservoir Capacity (gallons)	1.85
Reservoir Capacity (liters)	7
Reservoir/Tank Material	Stainless Steel

Reservoir Cover	Included
DuraTop	Yes
LidDock	Yes
Cleanable Air Filter	Yes
Working Access (L x W x D) (inches)	6.18 x 5.59 x 5 in
Working Access (L x W x D) (cm)	15.7 x 14.2 x 12.7 cm
Temperature Stability °F	±0.01°
Temperature Stability °C	±0.005°
Display	4.3" SmartTouch Touchscreen
Display Resolution (Set)	0.01
Display Resolution (Read)	0.001
Pump Type	Pressure/Suction
Pump Speed	Variable
Process Connections	1/4" (F) NPT
External Temperature Control Capability	Yes
Flammability Class (DIN 12876-1)	III (FL)
Over-Temperature Protection / Failsafe Heater Control	Yes
Low Liquid Level Protection	Yes
WhisperCool Environmental Control Technology	Yes
Cool Command Refrigeration Technology	Yes
Reservoir Drain	Yes
Included Software	PolyTemp Viewer, TDMS file viewer, USB driver, PolyScience LabVIEW Virtual Instrument & Functions, PolyTemp Remote iPhone application
Maximum Ambient Temperature °F	95°
Maximum Ambient Temperature °C	35°
Overall Dimensions (L x W x H) (inches)	21.3 x 8.7 x 24.3 in
Overall Dimensions (L x W x H) (cm)	54.1 x 22.1 x 61.7 cm
Refrigerant	R404A
Environmental Compliance	RoHS, WEEE
Shipping Weight (pounds)	90.0
Shipping Weight (kilograms)	40.8

Catalog Page Number	38-39
---------------------	-------

## 60 Hz Only

Part Number	PD07R-40-A11B
Maximum Pressure (psi)	4.3
Maximum Pressure (bar)	0.30
Maximum Pressure Flow Rate (gpm)	5.30
Maximum Pressure Flow Rate (l/min)	20.1
Maximum Suction Flow Rate (gpm)	3.9
Maximum Suction Flow Rate (l/min)	14.7
Cooling Capacity @ -20°C (W)	115
Cooling Capacity @ 0°C (W)	250
Cooling Capacity @ +20°C (W)	360
Included Hardware	PT100 temperature probe, USB drive, stainless steel hose adapters for 3/8", 1/4", and 3/16"
Heater Wattage	1100
Electrical Requirements (VAC/Hz/Ph/A)	120/60/1/12
Regulatory Approvals	ETL

## 50 Hz Only

Part Number	PD07R-40-A12E
Maximum Pressure (psi)	3.6
Maximum Pressure (bar)	0.25
Maximum Pressure Flow Rate (gpm)	4.40
Maximum Pressure Flow Rate (l/min)	16.7
Maximum Suction Flow Rate (gpm)	3.2
Maximum Suction Flow Rate (l/min)	12.2
Cooling Capacity @ -20°C (W)	115
Cooling Capacity @ 0°C (W)	250
Cooling Capacity @ +20°C (W)	360
Included Hardware	PT100 temperature probe, USB drive, stainless steel hose adapters for 3/8", 1/4", and 3/16", and 1/4" NPT to M16 adapter
Heater Wattage	2200

---

Electrical Requirements (VAC/Hz/Ph/A)	240/50/1/12
--	-------------

---

Regulatory Approvals	CE
----------------------	----

© 2015 **PolyScience** 6600 W. Touhy Avenue, Niles, Illinois 60714-4516 USA

**Phone:** +1(847) 647-0611 or +1(800) 229-7569 **Fax:** +1(847) 647-1155

**Source URL (modified on 10/16/2015 - 08:11):** <https://www.polyscience.com/circulating-baths/7-liter-refrigerated-circulator-40%C2%B0c-1>

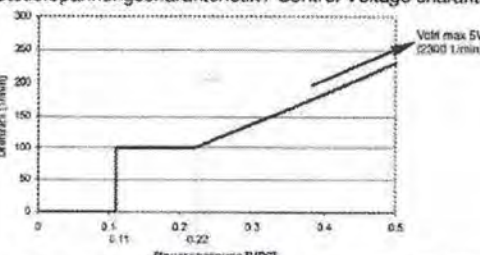
***Annex III: Pump NF25 datasheet***

Copying of this document and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or the registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Vervielfältigung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.

# MOTOR-ELEKTRO-SPEZIFIKATION DCB-4

## MOTOR-ELECTRIC SPECIFICATION DCB-4

Motor / Motor		NF1.5 / NF10 / NF25	
Spannungsbereich / Voltage range		10-28	
Schutzfunktionen / Protection functions		Verpolschutz / Inverse-polarity protection Überspannungsschutz / Overvoltage protection Blockierschutz / Blocking protection Thermische Überlastsicherung / thermal overload protection	
Schutzart des Motors / Motor protection factor		IP 40	
Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility		EN 61000-6-2, EN 61000-6-3 (inkl. EN55022 / EN55011)	
Elektrische Anschlüsse / Electrical connection			
Litzenbelegung / lead assignment			
Funktion / Function	Litzenfarbe Lead colour	Signalname Signal name	Grösse/ Size
+ Speisespannung + Supply voltage	rot / red	+ Vs	AWG 28
- Speisespannung - Ground (OV)	schwarz / black	- Vs / GND	AWG 28
Drehzahlregelung Eingangssignal Speed control voltage input sign.	weiss / white	Vctrl	AWG 28
Frequenzausg. Ausgangssignal Frequency generator output	grün / green	FG	AWG 28
DC Steuereingang Vctrl / DC input Vctrl			
Steuerspannungsbereich DC Control voltage range DC	[VDC]	0...5	
Überspannungssicher Overvoltage safety	[VDC]	<28	
Eingangswiderstand (Vctrl < 5.3VDC) Input resistance (Vctrl < 5.3VDC)	[kΩ]	62	
Schwellenspannung Threshold voltage	(VDC)	0.11	
Drehzahl/Spannung Konstante Speed/Vctrl relation (at no load)	(rpm/V)	460	
Steuerspannungscharakteristik / Control Voltage characteristics			
			
FG Frequenzausgang / FG frequency output			
FG Impulse pro mech. Umdrehung FG pulses per mec. revolution	[]	6	
Tastverhältnis Duty cycle	[%]	50	
Ausgangsseriiewiderstand Output series resistance	[kΩ]	3.9	
Ausgangspegel 'high' (Iout < 0.1mA) Output level 'high' (Iout < 0.1mA)	[V]	4.2 ... 5.4	
Ausgangspegel 'low' (Iout < 0.1mA) Output 'low' (Iout < 0.1mA)	[V]	max. 0.5	
Beim Typ DCB-4 ist die Speisespannung nicht für den Betrieb mit pulswidenmodulierten Spannungen (PWM) ausgelegt. Die Ansteuerung der Steuerspannung mit einem PWM-Signal (Frequenz > 500Hz) ist zulässig. The Supply Voltage of DCB-4 Pumps must not be supplied by pulswidth modulated signals (PWM). The feed-in of the Control Voltage by a PWM-signal (frequency must be > 500Hz) is possible.			
Erstellt: Dat./Visum Drawn: Date / Name	3 2	(inkl. EN55022 / EN55011) Anpassung der Schutzart, NF 25 neu	26.10.2012 25.11.2011
14.05.07 / dk	1	Schattierungen entfernt, NF 1.5 neu	14.08.2007
Datel / File 3-7-02002	0	Freigabe	18.05.2007
	Ind./Rev.	Modifikation / Modification	A.-Nr./Change No
Bezeichnung / Description		Typ	
DCB-MOTOR-ELEKTRO-SPEZIFIKATION		NF 10	
NF 1.5_10_25 DCB-4		3-7-02002	
		Ident-Nr. / Part No.	
		156 941	
		page	
		1 / 1	
		Ind./Rev.	
		3	



***Annex IV: Pump NF60 datasheet***

# MOTOR-ELEKTRO-SPEZIFIKATION 4-LITZEN DCB

## MOTOR-ELECTRIC SPECIFICATION 4-WIRE DCB

Motor / Motor		NF 10, 30, 60, 100		NF 300, 600	
Nennspannung / Nominal voltage	[V]	12	24	12	24
Spannungsbereich / Voltage range	[V]	10...15	14...28	11.5...13.6	14...30

### Elektrische Anschlüsse / Electrical connection

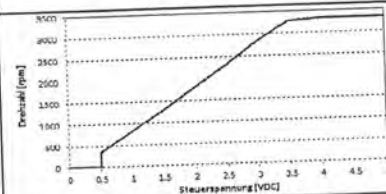
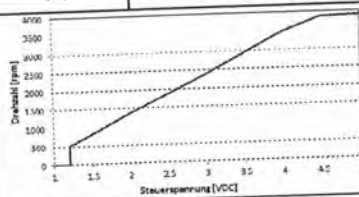
### Litzenbelegung / lead assignment

Funktion / Function	Litzenfarbe Lead colour	Signalname Signal name	Grösse/ Size	
+ Speisespannung + Supply voltage	rot / red	+ Vs	AWG 24	AWG 22
- Speisespannung - Ground (OV)	blau / blue oder / or schwarz / black	- Vs / GND	AWG 24	AWG 22
Drehzahlregelung Eingangssignal Speed control voltage input sign.	weiss / white	Vctrl	AWG 24	AWG 22
Frequenzausg. Ausgangssignal Frequency generator output	grün / green	FG	AWG 24	AWG 22

### DC oder PWM Steuereingang Vctrl / DC or PWM input Vctrl

Steuerspannungsbereich DC Control voltage range DC	[V]	0...5	0...5
Max. Eingangsspannung Max. input voltage	[V]	±30	±30
Eingangswiderstand (Vctrl < 5V) Input resistance (Vctrl < 5V)	[kΩ]	TYPICAL 10	TYPICAL 32
Schwellenspannung Threshold voltage	(V)	1.0 ±0.2	TYPICAL 0.3

### Steuerspannungscharakteristik Control Voltage characteristics



Nominal PWM Signalamplitude Nominal PWM signal amplitude		5	5
PWM Signal Minimalwert PWM signal 'low' level	[V]	max. 0.1	max. 0.1
PWM Frequenzbereich PWM frequency range	[kHz]	>6	>6
PWM Anteil Schwellwert (Vctrl 5V ohne Last) PWM duty cycle threshold (Vctrl 5V no load)	[%]	~12	
PWM Anteil volle Drehzahl (Vctrl 5V o. Last) PWM duty cycle full speed (Vctrl 5V no load)	[%]	~70	

### FG Frequenzausgang / FG frequency output

FG Impulse pro Umdrehung FG pulses per revolution		6	36
Impulsdauer 'high' Pulse length 'high'	[ms]	TYPICAL 1.7	TYPICAL 0.17
Ausgangsseriiewiderstand Output series resistance	[kΩ]	3.9	4
Ausgangspegel 'high' (Iout < 0.1mA) Output level 'high' (Iout < 0.1mA)	[V]	4.2...5.4	4.0...5.0
Ausgangspegel 'low' (Iout < 0.1mA) Output 'low' (Iout < 0.1mA)	[V]	max. 0.5	0.0...0.2

Erstellt: Dat./Visum Drawn: Date / Name	6	Steuerspannungscharakteristik hinzugefügt	09.11.11	la	<b>KNF</b> FLUDDOS	Ident-Nr. / Part No. 067 929	page 1 / 1
	5	Anpassung Daten gemäß Hersteller	27.01.11	la			
	4	Motor: Ergänzung NF600	06.10.08	uh			
	3	Speisespannung ergänzt mit Farbe sw	10.07.06	rs			
07.02.03 / rs Datei / File 3-7-00776-06.doc	Ind./ Rev.	Modifikation / Modification	Ä.-Nr./ Change No	Datum / Date	Visum / Name	Zeichnung / Drawing	Ind./ Rev.
Bezeichnung / Description MOTOR-ELEKTRO-SPEZIFIKATION 4-LITZEN					Typ	3-7-00776	6

Copying of this document and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or the registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.



## ***Annex V: Flowmeter datasheet***

# mini CORI-FLOW™ M15

Compact Coriolis Mass Flow Meters & Controllers for Liquids and Gases

## General

Coriolis mass flow meters are highly appreciated for their accuracy and independence of fluid properties. The direct Coriolis mass flow measuring principle is generally used for higher flow rates. However, Bronkhorst Cori-Tech B.V. has succeeded in applying this technique for low to very low flows. Moreover, **mini CORI-FLOW™** instruments have an integrated PID-controller and a batch counter to control the fluid flow.

## mini CORI-FLOW™ model M15

In addition to the previously developed **mini CORI-FLOW™** series M12-M14 for ranges from 0,1 g/h up to 30 kg/h, Bronkhorst® developed the new model M15 for mass flow rates between 0,2 and 300 kg/h. Similar to the models for lower flow rates, M15 contains a uniquely shaped, single loop sensor tube, forming part of an oscillating system. When a fluid flows through the tube, Coriolis forces cause a variable phase shift, which is detected by sensors and fed into the integrally mounted pc-board.

The resulting output signal is strictly proportional to the real mass flow rate. All instruments of the **mini CORI-FLOW™** series feature density and temperature of the fluid as secondary outputs. Furthermore the instruments offer "scalable range" functionality: factory calibrated ranges can be rescaled by the user, maintaining the original accuracy specs. As a result of this, customers are able to reduce the variety of instruments and thus reduce the cost of ownership. The instruments are equipped with a robust IP65 weatherproof housing and are available with optional ATEX approval for use in Zone 2 hazardous areas.

## Fields of application

**mini CORI-FLOW™** instruments can be applied for both gases and liquids in process fluid measurement or control systems in (petro-) chemical and pharmaceutical industries, food & beverage applications and liquid dosing systems in a wide variety of markets.



mini CORI-FLOW™ M15 Mass Flow Meter

## Features

- > direct flow measurement, independent of fluid properties
- > integrated PID controller for control valve or pump
- > CORI-FILL™ batch dosing functionality
- > fast response time
- > high accuracy, excellent repeatability
- > additional density and temperature outputs
- > compact design (same footprint as CORI-FLOW™ M50 series)
- > excellent price/performance ratio
- > scalable range: easy on site re-ranging via digital interface (large rangeability)
- > no dead volume (single, uninterrupted tube)
- > insensitive for environment vibrations
- > analog I/O-signals, RS232-connection, optional on-board fieldbus interface
- > IP65 design, optional ATEX approval Cat.3, Zone 2

# Technical specifications

## Flow ranges

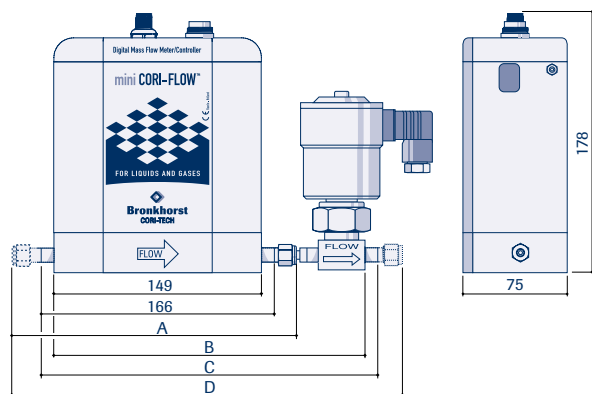
	Unit	M15
Minimum flow	[g/h]	200
Minimum full scale	[kg/h]	5
Nominal flow*	[kg/h]	100
Maximum full scale	[kg/h]	300
Rangeability meter		1:100
Rangeability controller		≥ 1:50

\* $\Delta p = 1$  bar for  $H_2O$

## Mechanical parts

Material (wetted parts)	Stainless steel AISI 316 or equivalent; Other materials on request
Process connection	Compression type or face seal couplings (welded)
Outer seals	Metal
Weight	Meter: approx. 5 kg; Controller: on request
Ingress protection	IP65 (weatherproof)
Leak integrity	Outboard $< 2 \times 10^{-9}$ mbar l/s He
Pressure rating	100 bar

## Dimensions Mass Flow Meter/Controller



The valve in this drawing is the CSI. Other valves have different shapes.

Model (values in mm)	A	B	C	D
M15 (1/4" OD)	204	-	-	-
M15 (1/4" VCR)	203	-	-	-
M15+C0I (1/4" OD)	204	219	236	274
M15+C0I (1/4" VCR)	203	219	236	271
M15+C2I (1/4" OD)	204	219	236	274
M15+C2I (1/4" VCR)	203	219	236	271
M15+C5I (1/4" OD)	204	219	236	274
M15+C5I (1/4" VCR)	203	219	236	271
M15+F033CI (1/4" OD)	204	283	n/a	338
M15+F004AI (1/4" OD)	204	270	n/a	326
M15+F004AI (1/4" VCR)	203	270	n/a	319

For other models contact factory.

## Electrical properties

Power supply	+15...24 Vdc $\pm 10\%$ Max. ripple recommended: 50 mV tt
Power consumption	Meter: 3 W; Controller: max. 7 W
Analog output / command	0...5 (10) Vdc or 0 (4)...20 mA (sourcing output)
Digital communication	Standard: RS232 Options: PROFIBUS DP, DeviceNet™, Modbus-RTU, FLOW-BUS
Electrical connection	
Analog/RS232	8-pin DIN male;
PROFIBUS DP	bus: 5-pin M12 female; power: 8-pin DIN male;
DeviceNet™/Modbus-RTU/ FLOW-BUS	5-pin M12 male

## Performance

Mass flow accuracy liquids	$\pm 0,2\%$ of rate
Mass flow accuracy gases	$\pm 0,5\%$ of rate
Repeatability	$\pm 0,05\%$ of rate + $[ZS \times 100/\text{flow}] \%$
(based on digital output)	(ZS = Zero Stability)

**Note:** optimal accuracy will be reached after approx. 30 minutes after instrument power-up.

The indicated accuracies are based on mass flow (e.g. g/h, kg/h, etc.). If the instrument will be used on volume flow (e.g. l/h, ml/min, etc) this will introduce an extra inaccuracy, based on the density (measurement).

	Unit	M15
Zero stability (ZS)*	[g/h]	$< \pm 50$
Density accuracy	[kg/m <sup>3</sup> ]	$< \pm 5$
Temperature accuracy	[°C]	$\pm 0,5$
Initial heating at zero flow	[°C]	$\leq 10^{**}$

\* The zero stability is guaranteed at constant temperature and for unchanging process and environment conditions.

\*\* Total heating up of instrument depends on flow rate, heat capacity fluid,  $T_{amb}$ ,  $T$  fluid and cooling capacity.

Mounting	In any position (attitude sensitivity negligible)***
Device temperature	0...70°C; for ATEX Cat.3, Zone 2 max. 50°C
Typical meter response time ( $\tau_{98\%}$ )	0,2 s
Typical settling time controller (<2% of setpoint)	1 s

\*\*\* External shocks or vibrations should be avoided.

**Note:** Technical specifications in this brochure subject to change without notice.

# Mass Flow Meter

## Capacities

Model	smallest range	nominal range	highest range*
M15	0,2...5 kg/h	1...100 kg/h	3...300 kg/h

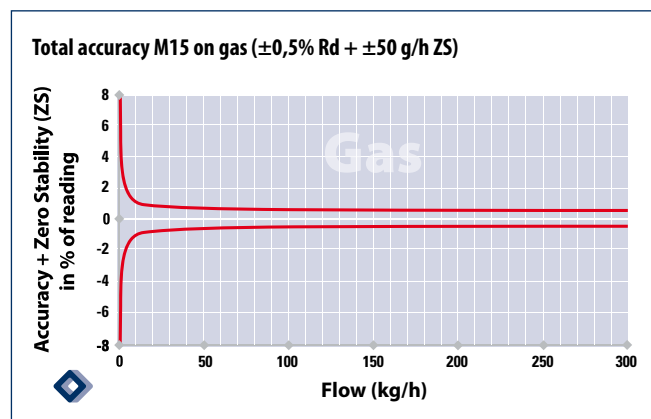
\* Maximum capacities depend on the available pressure difference across the mass flow meter, especially when used on gases.

## Application on gases

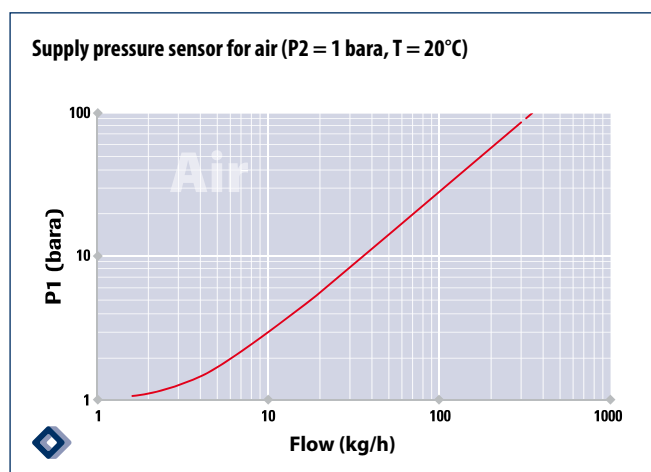
In comparison with thermal mass flow devices, the Coriolis measuring principle offers the following advantages:

- no conversion factors (if scaled in units of weight)
- possibility to measure unknown fluids or variable mixtures
- can measure (super-) critical gases
- superior accuracy and response time

For gas flow applications, the mass flow accuracy is better than  $\pm 0,5\%$  Rd. The trumpet graph below illustrates the total mass flow accuracy of an M15 Mass Flow Meter used on gas.



When engineering your process system for gases consideration must be given to the pressure drop across the flow meter and its associated piping.



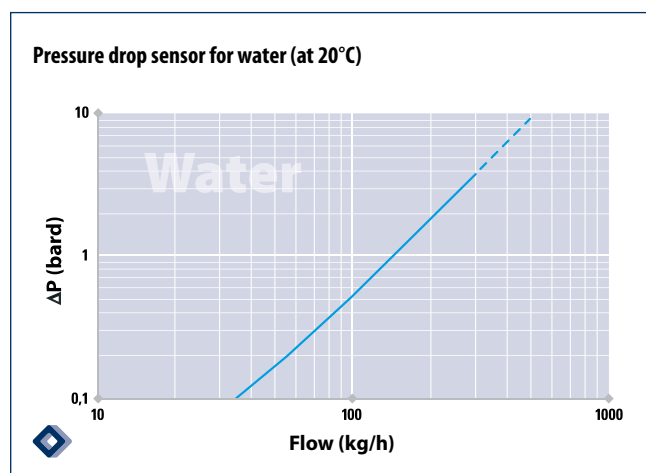
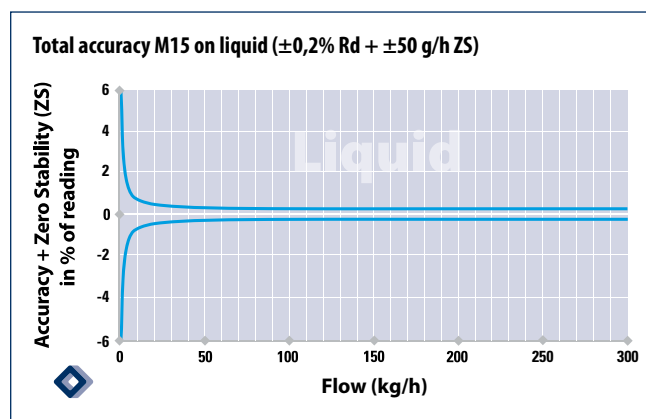
## Application on liquids

**mini CORI-FLOW™** can be applied for most liquid types. The mass flow meters are fully metal sealed, controllers have a high performance elastomeric valve seat, made of Kalrez.

## High accuracy

Coriolis flow meters are unmatched in accuracy. When applied for liquids, the mass flow accuracy is better than  $\pm 0,2\%$  Rd.

The trumpet graph below illustrates the total mass flow accuracy of an M15 Mass Flow Meter used on liquid.



## Calibration

### References

Verified by NK0, the Dutch calibration organisation, and VSL traceable to Dutch and international standards

### Calibration fluid

Multi-range calibration on  $\text{H}_2\text{O}$

Specifications are based on reference conditions of  $20^\circ\text{C}$ . Technical specifications subject to change without notice

# Mass Flow Controller

## Close-coupled control valves

For control applications M15 **mini CORI-FLOW™** meters offer integrated, adaptable PID control for fast and smooth control of close-coupled control valves. This could be a standard direct acting, electro magnetic control valve or, for instance, a pilot operated valve for applications with high differential pressure.

### Close-coupled control valve options:

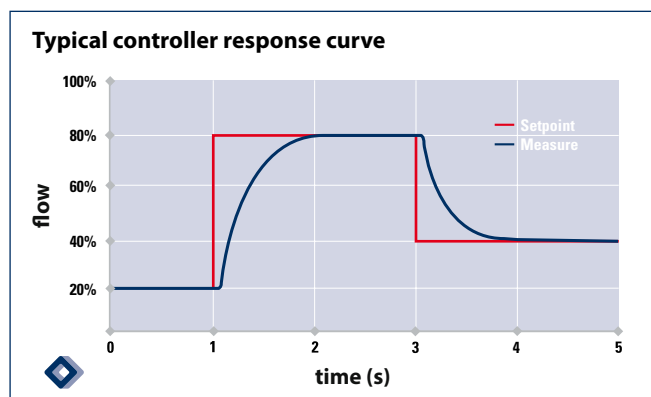
M15+C0I: Gas flow control valve (nc),  $K_v\text{-max} = 6,6 \times 10^{-2}$   
M15+C2I: Liquid flow control valve (nc),  $K_v\text{-max} = 2,3 \times 10^{-3}$   
M15+C5I: Gas/Liquid flow control valve (nc),  $K_v\text{-max} = 6,6 \times 10^{-2}$   
M15+F-004AI: Gas/Liquid flow control (nc),  $K_v\text{-max} = 3,0 \times 10^{-1}$   
M15+F-004BI: Gas/Liquid flow control (nc),  $K_v\text{-max} = 1,0$

Bronkhorst Cori-Tech can also offer a mass flow meter in combination with pressure actuated control valves, supplied by a third party. Please contact factory for a customised advice.

**mini CORI-FLOW™** incorporates PID control as standard

## Control performance

**mini CORI-FLOW™** Mass Flow Controllers feature a highly stable control output and fast response; see depicted response curve with some typical setpoint changes.



Thanks to the extremely fast sensor (50...200 msec) it is possible to achieve very fast control e.g. for dosing applications. Contact your local distributor for more information.

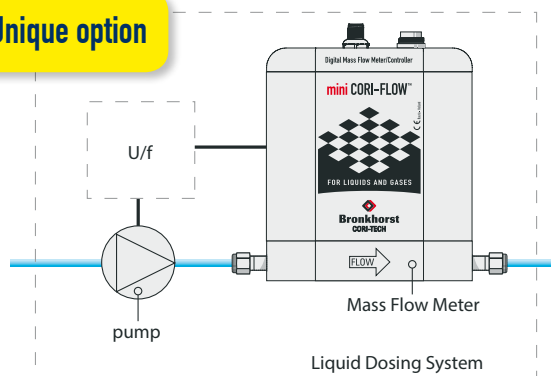
## Pressure drop Mass Flow Controllers

As a rule of thumb the pressure difference ( $\Delta P$ ) across the control valve should be at least 50% of the total  $\Delta P$  across the system for liquid applications, for gases preferably even higher (approx 75%).

## Mass flow control with pumps

In some applications it is not possible or not recommended to use a control valve, for instance when a vessel with liquid cannot be pressurised. As an alternative, Bronkhorst Cori-Tech can offer virtually pulse-free pumps, close-coupled to the Coriolis flow meter.

### Unique option



## Batch dosing with proportional valves and pumps

**mini CORI-FLOW™** instruments are capable of operating with proportional valves or (gear) pumps using the integrated PID-controller. Thanks to **CORI-FILL™** technology, all batch counters now have an extra P-controller to make the valve close or make the pump stop smoothly as soon as the batch total is reached.

When using shut-off valves **CORI-FILL™** technology includes an automatic overrun correction on batch dosing. After just a few doses the accuracy will be optimized. Physical delays and pressure disturbances which might cause under- or over-runs will be automatically compensated.

### Features

- > "First time right" batch (no overrun correction needed when using a PID controller i.c.w. proportional valves or pumps)
- > Fast dosing < 0,5 seconds (using shut-off valves)
- > Filling accuracy for batchdosing:
  - For liquids: < 0,5%
  - For gases: < 1%

## Shut-off valves

**mini CORI-FLOW™** instruments are capable of operating with both +24Vdc electric shut-off valves and pneumatic valves. Electric valves can be operated within a special power saving mode to reduce energy consumption and minimize temperature increase thereby reducing the risk of fluid evaporation.

### Bronkhorst Cori-Tech B.V.

Nijverheidsstraat 1A  
7261AK Ruurlo The Netherlands  
Tel. +31 573 458890 Fax. +31 842 292375  
Email: [info@bronkhorst-cori-tech.com](mailto:info@bronkhorst-cori-tech.com)  
Internet: [www.bronkhorst-cori-tech.com](http://www.bronkhorst-cori-tech.com)



## ***Annex VI: Power source datasheet***



# Prestaciones y facilidad de uso al mejor precio



- ✓ 2 salidas programables (0-30 V) y 1 salida fija seleccionable (2,5 V / 3,3 V / 5 V)
- ✓ Visualización luminosa en color de las corrientes y tensiones simultáneamente en 3 dígitos
- ✓ Utilización simplificada gracias al montaje en serie o en paralelo sin cable
- ✓ Más rápido con 4 configuraciones que se recuperan de la memoria por el frontal
- ✓ Gran estabilidad, baja deriva en el tiempo sea cual sea el modo
- ✓ Protección contra las sobretensiones, los calentamientos y los cortocircuitos
- ✓ Comando del ventilador según la potencia de salida
- ✓ Comunicación USB

# AX 1360-P, Alimentación regulada programable

La alimentación regulada programable se utiliza a menudo en los laboratorios de Investigación y Desarrollo o laboratorio de pruebas, la fabricación de productos eléctricos o electrónicos, la docencia, etc.

De fácil uso, AX 1360-P permite pasar de un montaje en serie a un montaje en paralelo, sin cableado, con una simple selección y la conmutación entre los 2 modos se efectúa automáticamente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		AX 1360-P
Número de salidas		3
REGULACIÓN DE LA TENSIÓN		
Salida 1		0 – 30 V
Salida 2		0 – 30 V
Salida 3		2,5 V / 3,3 V / 5 V
REGULACIÓN DE LA CORRIENTE		INDEPENDIENTE
Salida 1	5 A	
Salida 2	5 A	
Salida 3	3 A	
		EN PARALELO
Salida 1		6 A
Salida 2		10 A
Salida 3		-
PRECISIÓN		
Tensión		$\pm(0,5 \% \text{ lectura} + 2 \text{ dígitos})$
Corriente		$\pm(0,5 \% \text{ lectura} + 5 \text{ dígitos})$
RESOLUCIÓN		
Tensión		10 mV (0 à 9,99 V) – 100 mV (10 à 30 V)
Corriente		10 mA
ONDULACIÓN Y RUIDO		
Tensión		< 1 mV RMS
COEFICIENTE DE TEMPERATURA		
Tensión		< 300 ppm/°C
EN CARGA		INDEPENDIENTE Y EN PARALELO
Regulación de la tensión		< 0,1 % + 5 mV
Regulación de la corriente		< 0,2 % + 3 mA
PROTECCIONES		
Cortocircuitos		Limitación de la corriente e indicación visual por Led rojo
Sobrecalentamiento		Fusible
FUNCIÓN "SAVE/RECALL"		
Número de memorias		4
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Visualización		Digital con LED – Tensión y corriente simultáneas y color
Configuraciones corrientes y tensiones		Salida 1 y 2 por potenciómetro y 3 por conmutador
Interfaz / Software		USB / Drivers LV y LW
Alimentación a la red eléctrica		220 V / 50 Hz – 60 Hz
Seguridad / Protección		IEC 61010 – 1 / Fusible
Características mecánicas		Dimensiones: 310 x 250 x 150 mm – Peso: 7,5 kg
Garantía		1 año

## Estado de entrega

**AX1360-P** : 1 alimentación programable,  
1 cable de alimentación,  
1 cable USB y 1 manual de instrucciones.

Referencia de pedido: **AX1360-P**



**ESPAÑA**  
**Chauvin Arnoux Ibérica SA**  
C/ Roger de Flor, 293 - 1a Planta  
08025 BARCELONA  
Tel: +34 902 20 22 26  
Fax: +34 934 59 14 43  
comercial@chauvin-arnoux.es  
www.chauvin-arnoux.es

Para información y pedidos

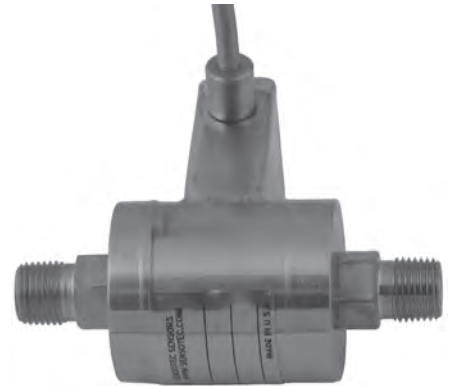


***Annex VII: Differential pressure transducer datasheet***

## Model P-30-P

---

### Subminiature Wet/Wet Differential Pressure Transducer



#### DESCRIPTION

The Model P-30-P, wet/wet differential pressure transducer, is a subminiature unit which is uniquely suited to aerospace and chemical applications. Features include small size, bidirectional

overload protection, wide temperature compensation, and high natural frequencies.

#### FEATURES

- 0.3 % accuracy
- 5 psid to 2000 psid
- High frequency
- Light weight
- Compact design

# Model P-30-P

## PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Characteristic	Measure
Pressure ranges (psid)	5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 2000
Accuracy	±0.3 % full scale
Linearity	±0.2 % full scale (typical)
Hysteresis	±0.1 % full scale (typical)
Non-repeatability	±0.1 % full scale (typical)
Output (standard)	
5 psid to 25 psid	100 mV (nominal)
50 psid to 2000 psid	2 mV/V (nominal)
Line pressure	
5 psid to 25 psid	250 psi
50 psid to 2000 psid	500 psi or 2X full scale (whichever is higher) up to 2000 psi
Resolution	Infinite

## ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Characteristic	Measure
Temperature, operating	-54 °C to 121 °C [-65 °F to 250 °F]
Temperature, compensated	16 °C to 71 °C [60 °F to 160 °F]
Temperature effect, zero	
5 psid to 25 psid	±2.0 % full scale/100 °F
50 psid to 2000 psid	±1.0 % reading/100 °F
Temperature effect, span	
5 psid to 25 psid	±2.0 % full scale/100 °F
50 psid to 2000 psid	±1.0 % reading/100 °F

## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Characteristic	Measure
Strain gage type	
5 psid to 25 psid	Bonded semiconductor
50 psid to 2000 psid	Bonded foil
Excitation (calibration)	10 Vdc
Bridge resistance	
5 psid to 25 psid	500 ohm
50 psid to 2000 psid	350 ohm
Shunt calibration data	Included
Elec. termination (std)	Teflon cable 1.5 m [5 ft]

## MECHANICAL SPECIFICATIONS

Characteristic	Measure
Media	Gas, liquid
Overload-safe	Max. line pressure either side
Pressure port	1/8-27 NPT male: 7/16 hex
Wetted parts material	17-4 PH stainless steel
Case material	Stainless steel

## RANGE CODES

Range Code	Range	Range Code	Range
AT	5 psid	CJ	150 psid
AV	10 psid	CL	200 psid
BJ	15 psid	CP	300 psid
BL	25 psid	CR	500 psid
BN	50 psid	CT	750 psid
BP	75 psid	CV	1000 psid
BR	100 psid	DL	2000 psid

## OPTION CODES

	Many range/option combinations are available in our quick-ship and fast-track manufacture programs. Please see <a href="http://sensing.honeywell.com/TMsensor-ship">http://sensing.honeywell.com/TMsensor-ship</a> for updated listings.	
Pressure ranges (psid)	5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 2000	
Temperature compensation	1a. 60 °F to 160 °F 1b. 30 °F to 130 °F 1c. 0 °F to 185 °F 1d. -20 °F to 130 °F	1e. -20 °F to 200 °F 1f. 70 °F to 250 °F 1g. 0 °C to 50 °C
Internal amplifiers	2u. Unamplified, mV/V output	
Pressure ports	5i. 1/8- 27 NPT male 5d. 7/16- 20 UNF male (per MS33656-E4)	
Electrical termination	6e. Integral cable: Teflon (-54 °C to 245 °C) 6i. Integral underwater cable (8 m [26 ft]) (max. 80 °C) <sup>1</sup>	

## WIRING CODES

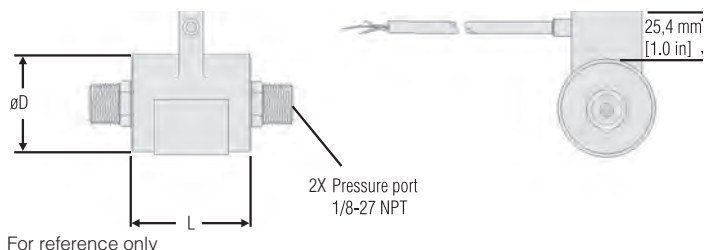
Connector/unamplified	
Red	(+) excitation
Black	(-) excitation
Green	(-) output
White	(+) output

# Model P-30-P

# Subminiature Wet/Wet Differential Pressure Transducer

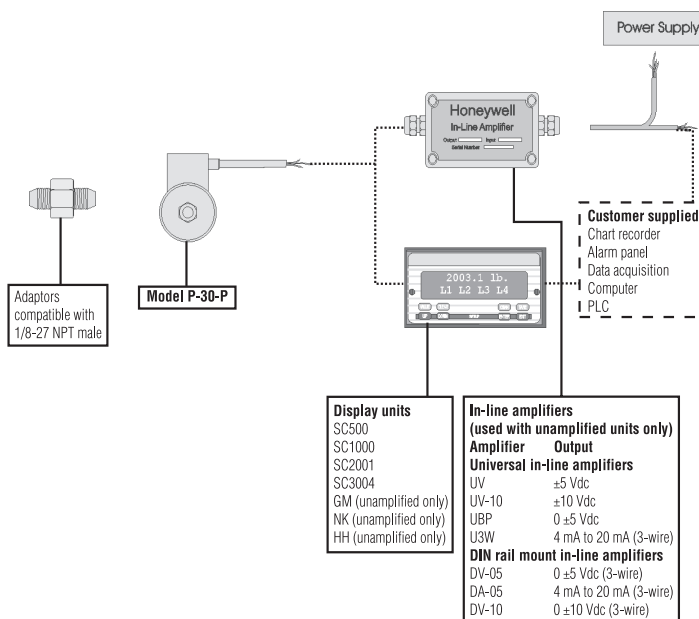
## MOUNTING DIMENSIONS AND CHARACTERISTICS

Range (psid)	Order codes	D mm [in]	L mm [in]
5 to 25	BD311	28,7 mm [1.13]	35,6 mm [1.4]
50 to 500	BD312	28,7 mm [1.13]	35,6 mm [1.4]
750 to 2000	BD312	35,1 mm [1.38]	40,6 mm [1.6]



For reference only

## TYPICAL SYSTEM DIAGRAM



## NOTES

1. Availability varies according to range.

For long cable runs or electrically noisy environments an amplified sensor or locally mounted amplifier is often preferred.

**Warranty.** Honeywell warrants goods of its manufacture as being free of defective materials and faulty workmanship. Honeywell's standard product warranty applies unless agreed to otherwise by Honeywell in writing; please refer to your order acknowledgement or consult your local sales office for specific warranty details. If warranted goods are returned to Honeywell during the period of coverage, Honeywell will repair or replace, at its option, without charge those items it finds defective. **The foregoing is buyer's sole remedy and is in lieu of all warranties, expressed or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. In no event shall Honeywell be liable for consequential, special, or indirect damages.**

While we provide application assistance personally, through our literature and the Honeywell web site, it is up to the customer to determine the suitability of the product in the application.

Specifications may change without notice. The information we supply is believed to be accurate and reliable as of this printing. However, we assume no responsibility for its use.

For more information about Sensing and Control products, visit [www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing) or call +1-815-235-6847. Email inquiries to [info.sc@honeywell.com](mailto:info.sc@honeywell.com)

## WARNING PERSONAL INJURY

- DO NOT USE these products as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

## WARNING MISUSE OF DOCUMENTATION

- The information presented in this catalogue is for reference only. DO NOT USE this document as product installation information.
- Complete installation, operation and maintenance information is provided in the instructions supplied with each product.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

Sensing and Control  
Automation and Control Solutions  
Honeywell  
1985 Douglas Drive North  
Golden Valley, MN 55422 USA  
+1-815-235-6847  
[www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing)

008711-2-EN IL50 GLO  
September 2013  
Copyright © 2013 Honeywell International Inc. All rights reserved.

# Honeywell

### ***Annex VIII: IR camera datasheet***

Part number <b>55001-0302</b>	Product name <b>FLIR A655sc 25°</b>	Section
----------------------------------	--	---------

#### Product description

The FLIR A655sc camera is an excellent choice for those who want to work in R&D and require the highest frame rates and 640 × 480 pixel resolution. For those who need to use the camera in R&D, it is highly recommended to use the FLIR ResearchIR software from FLIR Systems. The camera is equipped with the standard 25° lens.

#### Key features:

- **EXCELLENT NETD**
- **HIGH HOMOGENEITY**
- Affordable
- **16-BIT 640 × 480 IMAGES @ 50 HZ**
- **START-AND-STOP RECORDING IN FLIR RESEARCHIR USING DIGITAL INPUT**
- **WINDOWING MODE: 640 × 240 @ 100 HZ OR 640 × 120 @ 200 HZ**
- **FILTER HOLDER EMBEDDED**
- **GIGAVISION & GENICAM**



\*After product registration on [www.flir.com](http://www.flir.com)

Imaging and optical data	
IR resolution	640 × 480 pixels
Thermal sensitivity/NETD	<b>&lt; 0.03°C @ +30°C (+86°F) / 30 MK</b>
Field of view (FOV) / Minimum focus distance	25° × 19° (31° diagonal) / 0.25 m (0.82 ft.)
Focal length	24.6 mm (0.97 in.)
Spatial resolution (IFOV)	0.68 mrad
Lens identification	Automatic
F-number	1.0
Image frequency	<b>50 HZ (100/200 HZ WITH WINDOWING)</b>
Focus	<b>AUTOMATIC OR MANUAL (BUILT IN MOTOR)</b>

Detector data	
Focal Plane Array (FPA) / Spectral range	Uncooled microbolometer / 7.5–14 μm
Detector pitch	17 μm
Detector time constant	Typical 8 ms

Measurement	
Object temperature range	−40°C to +150°C (−40°F to +302°F) 100 to +650°C (+212 to +1202°F)
Accuracy	<b>±2°C (±3.6°F) OR ±2% OF READING</b>

Measurement analysis	
Atmospheric transmission correction	<b>AUTOMATIC, BASED ON INPUTS FOR DISTANCE, ATMOSPHERIC TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY</b>
Optics transmission correction	<b>AUTOMATIC, BASED ON SIGNALS FROM INTERNAL SENSORS</b>
Emissivity correction	<b>VARIABLE FROM 0.01 TO 1.0</b>
Reflected apparent temperature correction	<b>AUTOMATIC, BASED ON INPUT OF REFLECTED TEMPERATURE</b>
External optics/windows correction	<b>AUTOMATIC, BASED ON INPUT OF OPTICS/WINDOW TRANSMISSION AND TEMPERATURE</b>
Measurement corrections	<b>GLOBAL OBJECT PARAMETERS</b>

USB	
USB	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Control and image</li> </ul>
USB, standard	USB 2 HS
USB, connector type	<ul style="list-style-type: none"> <li>● USB Mini-B</li> </ul>
USB, communication	TCP/IP socket-based FLIR proprietary
USB, image streaming	16-bit 640 × 480 pixels @ 25 Hz - Signal linear - Temperature linear - Radiometric
USB, protocols	TCP, UDP, SNTp, RTSP, RTP, HTTP, ICMP, IGMP, ftp, SMTP, SMB (CIFS), DHCP, MDNS (Bonjour), uPnP

Ethernet	
Ethernet	Control and image
Ethernet, type	Gigabit Ethernet

<b>Ethernet, standard</b>	IEEE 802.3
<b>Ethernet, connector type</b>	RJ-45
<b>Ethernet, communication</b>	<b>TCP/IP SOCKET-BASED FLIR PROPRIETARY AND GENICAM PROTOCOL</b>
<b>Ethernet, image streaming</b>	<b>16-BIT 640 × 480 PIXELS @ 50 HZ</b> <b>16-BIT 640 × 240 PIXELS @ 100 HZ</b> <b>16-BIT 640 × 120 PIXELS @ 200 HZ</b> <b>- SIGNAL LINEAR</b> <b>- TEMPERATURE LINEAR</b> <b>- RADIOMETRIC</b> <b>GIGE VISION AND GENICAM COMPATIBLE</b>
<b>Ethernet, protocols</b>	TCP, UDP, SNTP, RTSP, RTP, HTTP, ICMP, IGMP, ftp, SMTP, SMB (CIFS), DHCP, MDNS (Bonjour), uPnP

Digital input/output	
<b>Digital input, purpose</b>	<b>IMAGE TAG (START, STOP, GENERAL), IMAGE FLOW CTRL. (STREAM ON/OFF), INPUT EXT. DEVICE (PROGRAMMATICALLY READ)</b>
<b>Digital input</b>	<b>2 OPTO-ISOLATED, 10–30 VDC</b>
<b>Digital output, purpose</b>	<b>OUTPUT TO EXT. DEVICE (PROGRAMMATICALLY SET)</b>
<b>Digital output</b>	<b>2 OPTO-ISOLATED, 10–30 VDC, MAX 100 MA</b>
<b>Digital I/O, isolation voltage</b>	<b>500 VRMS</b>
<b>Digital I/O, supply voltage</b>	<b>12/24 VDC, MAX 200 MA</b>
<b>Digital I/O, connector type</b>	<b>6-POLE JACKABLE SCREW TERMINAL</b>

Power system	
<b>External power operation</b>	12/24 VDC, 24 W absolute max
<b>External power, connector type</b>	2-pole jackable screw terminal
<b>Voltage</b>	Allowed range 10–30 VDC

Environmental data	
<b>Operating temperature range</b>	–15°C to +50°C (+5°F to +122°F)
<b>Storage temperature range</b>	–40°C to +70°C (–40°F to +158°F)
<b>Humidity (operating and storage)</b>	<b>IEC 60068-2-30/24 H 95% RELATIVE HUMIDITY +25°C TO +40°C (+77°F TO +104°F)</b>
<b>EMC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>EN 61000-6-2:2001 (IMMUNITY)</b></li> <li>● <b>EN 61000-6-3:2001 (EMISSION)</b></li> <li>● <b>FCC 47 CFR PART 15 CLASS B (EMISSION)</b></li> </ul>
<b>Encapsulation</b>	<b>IP 30 (IEC 60529)</b>
<b>Bump</b>	<b>25 G (IEC 60068-2-29)</b>
<b>Vibration</b>	<b>2 G (IEC 60068-2-6)</b>

Physical data	
<b>Weight</b>	0.90 kg (1.98 lb.)
<b>Camera size (L × W × H)</b>	216 × 73 × 75 mm (8.5 × 2.9 × 3.0 in.)
<b>Tripod mounting</b>	<b>UNC ¼"-20 (ON THREE SIDES)</b>
<b>Base mounting</b>	<b>2 × M4 THREAD MOUNTING HOLES (ON THREE SIDES)</b>
<b>Housing material</b>	<b>ALUMINUM</b>
<b>Comments to physical data</b>	<b>OUTLINE DIMENSIONAL DRAWINGS AND STEP FILES CAN BE FOUND AT <a href="http://support.flir.com">HTTP://SUPPORT.FLIR.COM</a></b>

Shipping information	
<b>Packaging, contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Infrared camera with lens</li> <li>● <b>CALIBRATION CERTIFICATE</b></li> <li>● Downloads brochure</li> <li>● Ethernet™ cable</li> <li>● FLIR apps card</li> <li>● FLIR ResearchIR scratchcard</li> <li>● FLIR Tools download card</li> <li>● Getting Started Guide</li> <li>● Hard transport case</li> <li>● Important Information Guide</li> <li>● Mains cable</li> <li>● Optics brochure</li> <li>● Power cable, pig-tailed</li> <li>● Power supply</li> <li>● Service &amp; training brochure</li> <li>● Thank you card</li> <li>● USB cable</li> <li>● User documentation CD-ROM</li> <li>● Utility CD-ROM</li> </ul>



• **WARRANTY EXTENSION CARD**

**Administration**

**Revision** 55001-0302, 1.26

**Supplies & Accessories**

- [T197914](#) IR lens, f=41.3 mm (15°) with case
- [T197922](#) IR lens, f=24.6 mm (25°) with case
- [T197915](#) IR lens, f=13.1 mm (45°) with case
- [T198059](#) Close-up IR lens, 2.9× (50 µm) with case
- [T198060](#) Close-up IR lens, 5.8× (100 µm) with case
- [T198065](#) IR lens, f=6.5 mm (80°) with case
- [T198165](#) IR lens, f=88.9 mm (7°) with case and support for A6xx/A6xxsc
- [T198066](#) Close-up IR lens, 1.5× (25 µm) with case
- [T197896](#) High temp option +300°C to 2000°C (+572°F to 3632°F) for FLIR A6xxsc and T6xx
- [DSW-10000](#) FLIR IR Camera Player
- [T198206](#) FLIR ResearchIR 3 (CD)
- [T127597](#) FLIR ResearchIR 3 (license only)
- [T198209](#) FLIR ResearchIR 3 Max (CD)
- [T197038](#) ThermoVision™ System Developers Kit Ver. 2.6
- [T197039](#) ThermoVision™ LabVIEW® Digital Toolkit Ver. 3.3
- [T199831](#) Calibration including General maintenance A6xx, A6xxsc series (fixed cameras)
- [ITC-ADV-3021](#) ITC Advanced General Thermography Course - attendance, 1 pers.
- [ITC-ADV-3029](#) ITC Advanced General Thermography Course- group of 10 pers.

## ***Annex IX: LabVIEW inputs and outputs***

The user can export the collected data by LabVIEW in the experiment to achieve the objective 8. All the parameters saved in LabVIEW are listed below, divided in inputs and outputs.

Exported data	Explanation
<b>Inputs</b>	
<b>Time [s]</b>	Cycle time
<b>Tbth-SP [°C]</b>	Thermal bath set point
<b>Top max [°C]</b>	Maximum operational temperature
<b>Tmax STOP [°C]</b>	Maximum temperature that can be reached by the device, it stops the experiment
<b>P[1,2,3].1 [W/cm<sup>2</sup>]</b>	Power consumed in peripheral heater for the thermal dies 1, 2 and 3
<b>P[1,2,3].2 [W/cm<sup>2</sup>]</b>	Power consumed in central heater for the thermal dies 1, 2 and 3
<b>P[4].1 [W/cm<sup>2</sup>]</b>	Power consumed in the hotspot heater in the 4th thermal die
<b>P[4].2 [W/cm<sup>2</sup>]</b>	Power consumed in the central heater in the 4th thermal die
<b>Heaters ON/OFF</b>	Indicator if the Heater switch is ON or OFF set by the user)
<b>Time energy balance [s]</b>	Time taken in account for the energy balance (set by the user)
<b>Outputs</b>	
<b>Real time [s]</b>	Lecture of time in milliseconds independent from the buckle
<b>Tin [°C]</b>	Temperature inlet
<b>Tout [°C]</b>	Temperature outlet
<b>T[1,2,3].1 [°C]</b>	Temperature in the peripheral heater for the thermal dies 1, 2 and 3
<b>T[1,2,3].2 [°C]</b>	Temperature in the central heater for the thermal dies 1, 2 and 3
<b>T[4].1 [°C]</b>	Temperature in the hotspot heater in the 4th thermal die
<b>T[4].2 [°C]</b>	Temperature in the central heater in the 4th thermal die
<b>Tbth [°C]</b>	Thermal bath temperature reading
<b>Tamb [°C]</b>	Ambient temperature
<b>Increment T [°C]</b>	Increase of fluid temperature through the device
<b>T3.1-3.2 [°C]</b>	Difference of temperature between the T3.1 and T3.2
<b>T3.1-4.1 [°C]</b>	Difference of temperature between the T3.1 and T4.1
<b>T3.1-4.2 [°C]</b>	Difference of temperature between the T3.1 and T4.2
<b>T3.2-4.1 [°C]</b>	Difference of temperature between the T3.2 and T4.1
<b>T3.2-4.2 [°C]</b>	Difference of temperature between the T3.2 and T4.2
<b>T4.1-4.2 [°C]</b>	Difference of temperature between the T4.1 and T4.2

<b>Q [ml/min]</b>	Flow measured by the circuit
<b>Q [% f.s.]</b>	Flow measured by the circuit in percentage from the flowmeter full scale
<b>Density [kg/m<sup>3</sup>]</b>	Density measured by the flowmeter
<b>T<sub>flowm</sub> [°C]</b>	Temperature measured in the flowmeter
<b>Phid [W]</b>	Hydraulic power consumed in the device
<b>DDP [bar]</b>	Difference of pressure
<b>P[1,2,3].1 [W]</b>	Power consumed in peripheral heater for the thermal dies 1, 2 and 3
<b>P[1,2,3].2 [W]</b>	Power consumed in central heater for the thermal dies 1, 2 and 3
<b>P[4].1 [W]</b>	Power consumed in the hotspot heater in the 4th thermal die
<b>P[4].2 [W]</b>	Power consumed in the central heater in the 4th thermal die
<b>Heater[1,2,3].1&gt;T<sub>max</sub></b>	Indicator if the peripheral heater of the thermal dies 1, 2 and 3 is higher than the maximum temperature
<b>Heater[1,2,3].1&gt;T<sub>op</sub></b>	Indicator if the peripheral heater of the thermal dies 1, 2 and 3 is higher than the maximum operational temperature
<b>Heater[1,2,3].1&gt;85%T<sub>op</sub></b>	Indicator if the peripheral heater of the thermal dies 1, 2 and 3 is higher than the 85% of maximum operational temperature
<b>Heater[1,2,3].2&gt;T<sub>max</sub></b>	Indicator if the central heater of the thermal dies 1, 2 and 3 is higher than the maximum temperature
<b>Heater[1,2,3].2&gt;T<sub>op</sub></b>	Indicator if the central heater of the thermal dies 1, 2 and 3 is higher than the maximum operational temperature
<b>Heater[1,2,3].2&gt;85%T<sub>op</sub></b>	Indicator if the central heater of the thermal dies 1, 2 and 3 is higher than the 85% of maximum operational temperature
<b>Heater[4].1&gt;T<sub>max</sub></b>	Indicator if the hotspot heater of the 4th thermal die is higher than the maximum temperature
<b>Heater[4].1&gt;T<sub>op</sub></b>	Indicator if the hotspot heater of the 4th thermal die is higher than the maximum operational temperature
<b>Heater[4].1&gt;85%T<sub>op</sub></b>	Indicator if the hotspot heater of the 4th thermal die is higher than the 85% of maximum operational temperature
<b>Heater[4].2&gt;T<sub>max</sub></b>	Indicator if the central heater of the 4th thermal die is higher than the maximum temperature
<b>Heater[4].2&gt;T<sub>op</sub></b>	Indicator if the central heater of the 4th thermal die is higher than the maximum operational temperature
<b>Heater[4].2&gt;85%T<sub>op</sub></b>	Indicator if the central heater of the 4th thermal die is higher than the 85% of maximum operational temperature

<b>%Top[1,2,3].1</b>	Percentage of the operational temperature is the peripheral heater of the thermal dies 1, 2 and 3
<b>%Top[1,2,3].2</b>	Percentage of the operational temperature is the central heater of the thermal dies 1, 2 and 3
<b>%Top[4].1</b>	Percentage of the operational temperature is the hotspot heater in the 4th thermal die
<b>%Top[4].2</b>	Percentage of the operational temperature is the central heater in the 4th thermal die
<b>Eab [J]</b>	Energy absorbed by the fluid
<b>Eresist [J]</b>	Energy consumed by the resistances
<b>Eab/Eresist</b>	Balance in time of the energy absorbed and the energy consumed